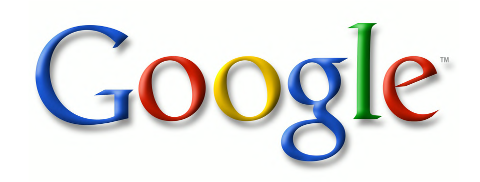
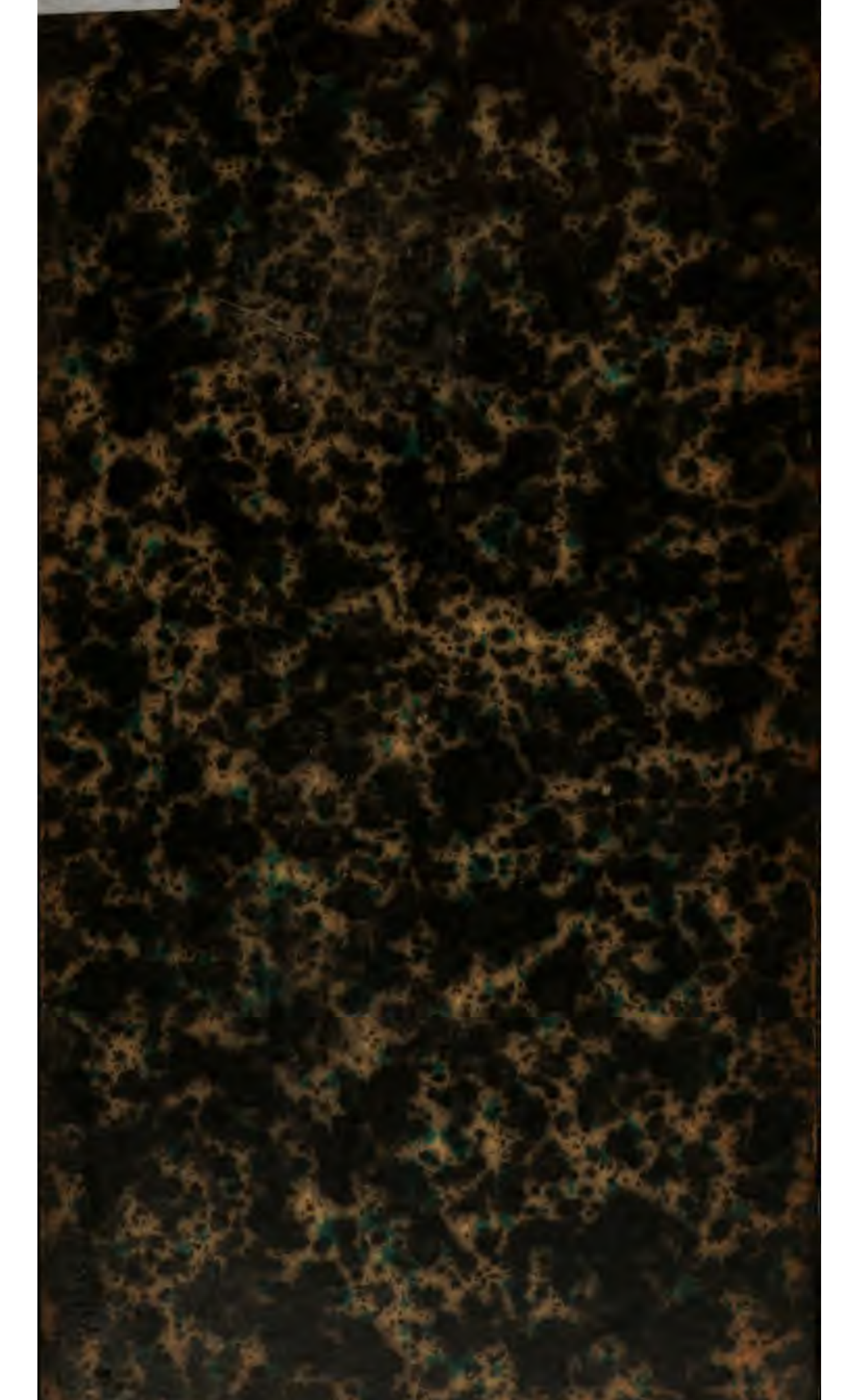





1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1905

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1905

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1905

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1905

N° 7.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juillet 1905, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Mémoires publiés par la Société Nationale d'Agriculture de France. Tome CXLI (in-8°, 225 × 145 de 503 p.). Paris, Philippe Renouard, 1905. 43926

Chemins de fer et Tramways.

Compagnie des Chemins de fer du Midi (Français). Matériel et Traction. Exposition de Liège, 1905. Notices sur le matériel exposé : Locomotive 4012; Wagon-tombereau UUf. 1 (in-4°, 320 × 225 de 18 p. avec 5 pl.). Lille, Imprimerie L. Danel, 1905. 43900

OTTONE (G.). — *Trazione a vapore sulle ferrovie ordinarie*, per Ing. G. Ottone (Manuali Hœpli) (in-16, 150 × 100, de XLVII-469 p., avec 88 fig.). Milano, Ulrico Hœpli, 1905. (Don de l'éditeur.) 43906

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1902. Documents divers. Deuxième partie. Intérêt local et Tramways. France et Algérie. (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de 487 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1905. (Don du Ministère des Travaux publics.) 43914

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1903. Documents principaux (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de 544 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1905. (Don du Ministère des Travaux publics). 43915

Construction des Machines.

Association Alsacienne des propriétaires d'Appareils à vapeur. Section française. Exercice 1904. Trente-septième année (in-8°, 280 × 185 de 73 p., avec 2 pl.). Nancy, Imprimerie Berger-Levrault et Cie, 1905. 43899

Économie politique et sociale.

Caisse des victimes du devoir. Assemblée générale du 5 avril 1905. Rapport du Conseil d'administration (in 8°, 240 × 155 de 16 p.). Paris, Bureaux de la Caisse des victimes du devoir, 1904. 43919

FAVARD (C.). — *France Africaine. Sahara et Soudan. Essai sur la mise en valeur du Sahara et sur les communications du Centre Africain avec l'Europe*, par C. Favard (in-8°, 255 × 165 de 176 p. avec 22 cartes et gravures). Paris, Imprimerie F. Levé, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43913

Statistique annuelle du mouvement de la population. Année 1903. Tome XXXIII (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 260 × 175 de XXXII-384 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1904. (Don du Ministère du Commerce.) 43901

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1904 (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 235 × 155 de XIX-778 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 43925

Législation.

Annuaire de la Société Amicale des Anciens Élèves de l'École Nationale des Mines de Saint-Étienne, 1905 (in-16, 150 × 110 de 254 p.). Saint-Étienne, Siège social. 43924

Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. June 1905 (in-8°, 225 × 150 de 63 p.). Boston, The Mudge Press, 1905. 43920

Directory of the Engineers' Club of Philadelphia. Charter and By-Laws. Corrected to May 31 st. 1905 (in-32, 125 × 75 de 141 p.). Philadelphia, 1905. 43904

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

PARAF (G.-G.). — *Hygiène et sécurité du travail industriel*, par Georges-G. Paraf (in-8°, 255 × 165 de VII-632 p., avec 402 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur de la part de l'auteur, M. de la S.). 43912

Métallurgie et Mines.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE. BÈS DE BERC (J.). — *Cours d'Exploitation des Mines*, par Haton de la Goupillière. Troisième édition, revue et considérablement augmentée, par Jean Bès de Berc. *Tome premier* (in-8°, 255 × 165 de XVII-1003 p. avec 663 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. 43907

Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Thirteenth session 1903-1904. Vol. XIII (in-8°, 215 × 140, de 568 p. avec 20 pl.). London, E. and F. N. Spon, Limited. 43923

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

DIBOS (M.). — *Interrogations à l'usage des candidats capitaines à bord des bateaux à vapeur; bateaux et canots automobiles*, suivies d'indications au sujet de la conduite des moteurs de bateaux automobiles pour les candidats-mécaniciens, accompagnées d'instructions routières maritimes, par Maurice Dibos (in-8°, 205 × 105 de 81 p.). Paris, édité par la Locomotion automobile. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43916

Junta de Obras del Puerto de Bilbao. Memoria que manifiesta el estado y progreso de las Obras de mejora de la Ria y Puerto de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año de 1904 (in-4°, 260 × 200 de 67 p., avec 1 photog.). Bilbao, Imprenta y litografia de Ezequiel Rodriguez, 1905. 43911

WILHELM. — *Concours international de Vienne pour un projet d'élevateur de bateaux. Compte rendu*, par M. Wilhelm (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 1er trimestre 1905) (in-8°, 240 × 160 de 19 p., avec 3 fig.). Paris, E. Bernard. (Don de l'auteur.) 43910

Routes.

LALLEMAND (Ch.). — *Association géodésique internationale. Rapport général sur les nivellements de précision exécutés dans les cinq parties du monde*, suivi du Rapport spécial sur les travaux du nivellement général de la France de 1901 à 1903 inclus, et d'une Note sur le cercle azimutal à microscopes, du Service technique du Cadastre. par Ch. Lallemand (Extrait des Comptes rendus des séances de la Conférence générale de l'Association géodésique internationale, tenue à Copenhague, en août 1903) (in-4°, 300 × 230 de 33 p., avec 8 fig. et 2 pl.). Leyde, Imprimerie ci-devant E.-J. Brill, 1904. (Don de l'auteur.) 43898

Sciences mathématiques.

Bellet (H.). — *Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse des conduites d'eau sous pression*, par M. H. Bellet (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 5 juin 1905) (in-4°, 275 × 220 de 2 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43918

Gérard (G.-L.). — *Notes sur le calcul des ponts à travées solidaires*, par Gustave-L. Gérard (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome X, 4e série, page 119, 49e année 1903) (in-8°, 240 × 160 de 19 pages, avec 5 fig.). Liège, Imprimerie Desoer, 1905. (Don de l'auteur.) 42921

Technologie générale.

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-dix-neuvième (1re partie) (nouvelle série) (Année 1896. Hydraulique, Matériel de l'Économie domestique)* (in-8°, 245 × 160). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 43917

École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des travaux de vacances des Élèves, publiés par la Direction de l'École. *Années 1903 et 1904* (2 vol. in-f°, 555 × 375, de 52 pl. chacun) (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes). Paris, Imprimerie et Librairie des Arts et Manufactures, 1904 et 1905. (Don de M. P. Buquet, M. de la S.). 43927 et 43928

Exposition universelle de Liège 1905. Exposition collective du Syndicat des Charbons Rhénan-Westphalien à Essen-Ruhr. Installation électrique de force motrice et d'éclairage de la Société des Charbonnages Dahlbusch, par G. Le Bell et H. Bollmann. *Résultats des Essais sur les Installations électriques des Charbonnages Dahlbusch, Siège III*, faits par l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur des Charbonnages du district minier de Dortmund à Essen-Ruhr et par la Société des Charbonnages Dahlbusch. — *Hôtel-Restaurant pour les ouvriers non mariés de la Société des Charbonnages Dahlbusch. Dispositif pour empêcher la formation de glaçons dans les puits d'entrée d'air* (Traduction d'un Extrait de la Revue minière et métallurgique « Gluckauf ») (2 brochures in-4°, de 56 p. à 2 col., avec 5 pl. et de 4 p. à 2 col. avec 1 pl.). Essen, Thaden und Schemmann. (Don de Bergwerks-Gesellschaft Dahlbusch.) 43902 et 43903

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. LIV. Part. F. International Engineering Congress held under the auspices of the Society Saint Louis, Mo., october, 3 d to 8 th. 1904 (in-8°, 230 × 150 de x-573 p. avec LXXIV pl.). New York, Published by the Society, 1905. 43908

Travaux publics.

Le béton armé. Organe des Agents et Concessionnaires du Système Hennebique. Relevé des travaux exécutés en Système Hennebique pendant l'année 1904 (Huitième année. Supplément au numéro de mai 1905) (in-4°, 315 × 225 de 143 p., avec 59 fig.). Paris, 1, rue Danton. 43909

Stöffler (E.). Revere (G.). — *Mattoni e pietre di sabbia e calce (arenoliti)*, per Ing. E. Stöffler à Zurigo. Seconda edizione italiana dell' Ing. Guilio Revere (Manuali Hœpli) (in-16, 150 × 100 de 232 p., avec 85 fig. et 3 pl.). Milano, Ulrico Hœpli, 1905. (Don de l'éditeur.) 43905

Voies et Moyens de Communication et de Transport.

Bodden (D.). — *Études sur les réformes postales en France*, par M. Denis Bodden (Articles parus dans le Bulletin de la Chambre de Commerce française de Bruxelles, de janvier à juin 1905) (in-8°, 210 × 135 de 48 p.). Bruxelles. Imp. Société coopérative, 1905. (Don de la Chambre de commerce.) 43922

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1905, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM :

R.-C. BORGHI, présenté par MM. Brüll, Gallois, E. Barbet;
E.-G. PAUL, — Belmère, Lespès, Tricoche.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1905

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 JUILLET 1905

Présidence de M. L. Coiseau, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la séance du 16 juin est adopté.

A propos du procès-verbal de la séance du 2 juin et de la communication de M. Teisset, il est donné lecture d'une note de M. F.-G. Kreutzberger. Cette note sera insérée au Bulletin.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

S.-D. Gillet, ancien Élève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1902, constructeur d'appareils d'éclairage et d'automobiles ;

F.-A. Jacqmin, ancien Élève de l'École Polytechnique (1868), Membre de la Société depuis 1880, Chevalier de la Légion d'honneur, Secrétaire de l'Exploitation des Chemins de fer de l'Est ;

J.-J.-R. Supervielle, ancien Élève de l'École Centrale (1876), Membre de la Société depuis 1882, de la Maison Supervielle et Pellier (Entreprise générale de distribution d'eau, gaz, air comprimé, électricité) ;

P.-J.-V. Terrier, ancien Élève de l'École Centrale (1862), Membre de la Société depuis 1874, Chevalier de la Légion d'honneur; a été d'abord attaché à la Compagnie du Midi et fut Administrateur-Directeur de la Compagnie générale de Travaux Publics ;

G.-F. Forgue, ancien Elève de l'École Centrale (1885), Membre de la Société depuis 1890, Professeur de Constructions de Machines à l'École Centrale.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes : Ont été nommés :

Officier du Mérite Agricole : M. C. Durey-Sohy ;

Chevalier du Mérite Agricole : M. A. Sée ;

M. A. Gouault a reçu de la Société Provinciale des Architectes une grande médaille ;

M. G. Paraf a reçu de la Société d'Encouragement au Bien une médaille d'or pour son ouvrage intitulé : *Hygiène et sécurité du travail industriel.*

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

L'Association Française pour l'Avancement des Sciences tiendra son Congrès à Cherbourg, du 3 au 10 août 1905.

M. Bertin, Inspecteur général du Génie Maritime et Membre d'honneur de la Société, présidera les troisième et quatrième sections (Navigation Génie Civil et Militaire) de ce Congrès.

M. le Président fait connaître que, vu le trop petit nombre des adhérents au voyage en Belgique, le Bureau et le Comité ont décidé de renoncer à ce projet. En conséquence, le voyage n'aura pas lieu.

M. le Président rappelle également que, conformément à la circulaire qui a été jointe au dernier procès-verbal, doit avoir lieu, demain samedi 8 juillet, la visite du Laboratoire Central et de l'École Supérieure d'Électricité.

Il espère que de nombreux Collègues répondront à l'aimable invitation qui nous a été faite par M. Bouty, Président de la Société Internationale des Électriciens.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. le Président annonce que M. Ribourt, souffrant, est dans l'impossibilité de faire, ce soir, sa communication sur la Nouvelle Imprimerie Nationale. M. E. Pontzen, Président de la Deuxième Section du Comité, a bien voulu accepter de le remplacer et de nous parler du Congrès International des Chemins de fer tenu à Washington en mai dernier. M. le Président adresse à M. Pontzen les remerciements de la Société.

M. H. Chevalier a la parole pour sa communication sur *Quelques nouveaux types de matériel de Chemins de fer : Voitures de 2e classe à bogies et voitures de 2e classe à fourgon de l'Ouest. — Transformation des anciennes voitures par allongement et par jumelage. — Voiture de l'Assistance Publique pour le transport des enfants.*

M. H. Chevalier dit que les nouveaux types de la Compagnie de l'Ouest ont été étudiés par les Ingénieurs du matériel de cette Compagnie : MM. Huillier, Ingénieur Principal, et Dubois, Ingénieur, sous la direction de M. Sabouret, Ingénieur en chef.

I. *Voiture de 2e classe à bogies.* — Elle a été décrite par M. Dubois dans la *Revue Générale des Chemins de fer* (juin 1904).

C'est une voiture à couloir avec soufflets d'intercommunication à

9 compartiments et un cabinet de toilette; le chauffage se fait par thermo-syphon; l'éclairage est à l'huile.

La partie la plus intéressante de la voiture est le châssis calculé par M. Dubois, Ingénieur, et M. Pouchuc, Inspecteur principal.

II. *Voiture de 2e classe à fourgon.* — Destinée au service de banlieue, ce type comporte 35 places assises seulement. Mais sa disposition permet de transporter 87 personnes assises ou debout. Le compartiment des bagages avait été aménagé pour recevoir les voyageurs les jours d'affluence, ce qui portait le nombre total des places à 130.

Un arrêté tout récent du Ministère interdit l'accès des fourgons aux voyageurs; ce type perd de ce fait beaucoup de son intérêt.

La disposition générale intérieure rappelle les voitures à couloir central de la ligne de Versailles.

III. *Nouvelle voiture de la Compagnie de l'Est.* — La Compagnie des Chemins de fer de l'Est a exposé à Liège une voiture à couchette d'un modèle nouveau, étudié et construit par le service de M. Salomon, Ingénieur en chef, notre ancien Président.

C'est une voiture à 6 compartiments et à intercommunication; 2 compartiments sont des premières classes *modernisées* et les quatre autres sont à couchettes supérieures, les 2 premiers pouvant être également aménagés en compartiments à couchettes.

Ces voitures sont très confortables et plairont aux voyageurs ayant de grands parcours à effectuer.

IV. *Transformation des anciennes voitures :*

A. *Par allongement.* — A la Compagnie de l'Est, nos collègues MM. Biard et Flaman, sous la direction de M. Salomon, ont transformé 10 voitures de 1re classe à 4 compartiments et 10 voitures de 2e classe à 5 compartiments.

Les voitures ont été coupées en deux et un water-closet ajouté au milieu; en même temps les compartiments étaient modifiés par l'addition d'un couloir partiel.

A la Compagnie de l'Ouest on a transformé 144 voitures à 5 compartiments :

1° Sur la largueur, 120 mm ont été gagnés ; la toiture a été relevée, tout en utilisant l'ancien plafond ; sur la longueur, un cabinet de toilette a été ajouté à une extrémité; un coupé de 2e classe et une place isolée (type P. L. M.) ont été ajoutés à l'autre extrémité.

2° La voiture est coupée après le deuxième compartiment : entre ces deux parties on ajoute un compartiment entier et un cabinet de toilette.

3° A titre d'essai, une voiture de 1re classe à 4 compartiments à couloir partiel a été séparée en deux par le milieu pour l'adjonction de deux coupés et d'un cabinet après l'avoir surélevée.

4° Afin d'utiliser les anciennes caisses de 1re classe à 3 compartiments, on leur a ajouté 3 compartiments de 2e classe et deux cabinets avec couloirs latéraux symétriques.

B. *Par jumelage.* — Procédé étudié et appliqué pour la première fois par la Compagnie de l'Ouest, et qui consiste à prendre deux caisses de 1re classe à 3 compartiments et à les réunir sur un même châssis.

Ce procédé de jumelage a été également appliqué sur le réseau d'Orléans, aux bureaux de Postes ambulants, sur l'initiative de M. Tongas, Ingénieur-Directeur.

Deux caisses de petits bureaux de 6,800 m ont été placées sur un châssis de 14 m, et entre les deux dossiers on a disposé un cabinet de toilette.

V. *Voiture de l'Assistance Publique.* — Étudiée par M. Desbrochers des Loges sur les instructions de M. Mesureur, pour le transport des enfants de Paris à Hendaye.

La voiture est divisée dans sa longueur en trois parties. A une extrémité la cuisine et le compartiment d'administration ; à l'autre, le compartiment des infirmières et le cabinet de toilette W.-C. ; entre les deux, 14 sections de 4 places avec couloir central pour les enfants.

Chaque section comporte 4 places assises et une couchette placée à 1,30 m au-dessus du plancher ; on peut donc transformer les 4 places de jour assises en 3 places de nuit. Les coussins et dossiers sont amovibles et construits pour permettre la désinfection. L'éclairage est fourni par 9 lampes à pétrole,

Le chauffage à la vapeur ou par thermo-syphon se fait par deux séries de tuyaux en cuivre le long de la voiture, car elle n'a qu'une portière à chaque extrémité, ce qui évite en outre les risques d'accidents aux enfants.

M. le Président remercie M. H. Chevalier de sa communication rendue encore plus intéressante par la compétence toute spéciale du conférencier.

M. Ernest Pontzen a la parole pour sa communication sur le *Congrès international des chemins de fer tenu à Washington en mai 1905.*

M. Ribourt indisposé n'ayant pu faire sa communication, M. E. Pontzen a préparé rapidement la sienne pour laquelle il demande, dans ces conditions, une bienveillante indulgence.

M. E. Pontzen commence par rappeler la naissance et l'organisation des Congrès internationaux des chemins de fer dont les sessions ont déjà été tenues :

La 1re session	en	1885	à	Bruxelles ;
2e	—	1887	à	Milan ;
3e	—	1889	à	Paris ;
4e	—	1892	à	Saint-Pétersbourg ;
5e	—	1895	à	Londres ;
6e	—	1900	à	Paris ;
7e	—	1905	à	Washington.

Les questions soumises aux délibérations et à l'étude du Congrès sont réparties entre cinq sections.

1re section.	—	Voies et travaux ;
2e	—	Traction et matériel ;
3e	—	Exploitation ;
4e	—	Questions d'ordre général ;
5e	—	Chemins de fer économiques.

Les questions soumises à l'étude de chaque section étaient au nombre de 4. — Le nombre de rapporteurs pour les 20 questions a été de 50.

Chaque section était présidée par 1 président et 1 vice-président, assistés de 2 secrétaires principaux, dont l'un était Américain; de plus on avait adjoint aux cinq sections 24 secrétaires dont 12 étaient américains. Trois sections sur cinq ont été de fait présidées par des Français, 2 secrétaires principaux et 4 secrétaires étaient Français ainsi que 11 rapporteurs sur 50. Une belle part était donc faite à la France parmi les 35 pays qui ont pris part au Congrès.

C'est M. Stuyvesant Fish, président du Illinois Central Rail Road qui présidait à Washington la session ouverte le 5 mai et close le 13 mai. — M. E. Pontzen donne un extrait du discours d'ouverture de M. Fish, qui montre que les 330 414 km, qui constituaient en 1903 le réseau des chemins de fer américains, ont en moyenne coûté 196 313 f par kilomètre, tandis que, par exemple, les chemins de fer de la Grande-Bretagne coûtent en moyenne 862 086 f par kilomètre.

Ce discours montre l'importance croissante des transports effectués par voie de fer sur ceux qui restent fidèles aux voies d'eau. — Des chiffres cités il ressort que, malgré l'augmentation du trafic total, qui en 1903 est près de treize fois plus grand qu'en 1860, le total du trafic resté aux canaux n'est plus en 1903 qu'environ 3/4 de celui de 1860.

En 1878, les chemins de fer en Amérique présentaient une longueur de 131 746 km; tandis qu'en 1903, donc un quart de siècle après, le réseau était de 330 414 km, ce qui représente une augmentation dans le rapport de 1 à 2 1/2.

Dans le courant de l'année 1903 les transports effectués par les chemins de fer des États-Unis ont été de 33 660 178 043 voyageurs à 1 km et de 278 769 640 928 t de marchandises à 1 km.

Quatorze années (1889 à 1903) avaient suffi pour majorer le trafic en marchandises dans le rapport de 1 à 2 1/2.

M. E. Pontzen passe ensuite aux travaux des sections, en résumant les conclusions votées en assemblée plénière par le Congrès.

I. *Traverses en bois.* — L'imprégnation des traverses est recommandée et de préférence celle à la créosote. Les bois durs et les bois tendres paraissent admissibles, etc., etc.

II. *Rails des voies des trains rapides.* — Des soins sont indiqués, tant dans l'établissement de la plate-forme que dans le mode d'éclissage.

Avec l'augmentation du poids des rails, les frais d'entretien diminuent et les vitesses peuvent augmenter.

Les joints soudés ne paraissent pas recommandables, etc., etc.

III. *Croisements perfectionnés.* — Les croisements à ressorts et ceux à pivot sont admissibles lorsque la circulation sur les voies accessoires est faible, même si les essieux de locomotives sont chargés de 25 t et ceux des wagons de 18 t.

IV. *Béton armé.* — Vu l'importance du sujet et de la discussion M. Pontzen donne *in extenso* les conclusions très nettes de la première section :

1° Le béton armé a reçu dans les chemins de fer des applications

multiples et importantes, au double point de vue technique et économique. Il peut parfaitement soutenir avec succès la concurrence avec la maçonnerie et les constructions en bois ou en fer.

2° Les épreuves des constructions en béton armé, les recherches théoriques auxquelles la question a été soumise et les indications de la pratique permettent de conclure que les constructions de l'espèce ne doivent inspirer aucune appréhension et que leur application est recommandée aux administrations des chemins de fer.

3° La pratique des chemins de fer démontre que les constructions en béton armé, soigneusement établies, font un excellent service et ne demandent presque pas d'entretien. Pour ces raisons, l'emploi du béton armé doit être recommandé, même lorsque, par exception, la dépense de premier établissement est plus élevée que pour un autre système de construction.

4° Les constructions en béton armé sont surtout d'un grand secours dans les pays où les matériaux de grande dimension, pierre ou fer, sont difficiles à se procurer.

5° Le béton armé permet d'exécuter les travaux rapidement, au moyen de matériaux de vente courante, en évitant ainsi la nécessité onéreuse en pratique, de recourir à des commandes spéciales aux usines.

V. *Machine à grande puissance.* — La puissance des locomotives est plus limitée en Europe qu'en Amérique à cause du poids moindre admis par essieu.

Les machines compound sont plus appréciées en Europe qu'en Amérique.

En Amérique et en Allemagne, la vapeur surchauffée se répand avantageusement.

VI. *Équipe double et multiple.* — L'équipe simple est en faveur dans tous les pays, sauf les États-Unis.

VII. *Attelage automatique.*— En Amérique, l'accouplement automatique est universellement employé dans des conditions définies d'une façon précise; en Europe, tout reste à faire, et la solution technique se complique par le caractère international que prend la question.

VIII. *Traction électrique.* — La traction électrique est un auxiliaire utile de la traction à vapeur, capable d'assurer certaines portions du trafic des chemins de fer avec avantage et économie.

IX. *Éclairage et chauffage.* — L'emploi des manchons se généralise; celui de l'électricité est surtout apprécié pour des éclairages intermittents.

Le chauffage à la vapeur se développe.

X. *Block-système automatique.* — Le block-système automatique a été reconnu bien remplir son but dans beaucoup de cas.

M. Pontzen résume également les conclusions concernant les dix autres questions ; savoir :

XI. *Bagages et colis de détail.*

XII. *Trafic suburbain.*

XIII. *Tarification des marchandises à petite vitesse.*

XIV. *Comptabilité.*

XV. *Durée et réglementation du travail.*

XVI. *Institutions de prévoyance.*

XVII. *Influence des chemins de fer économiques sur les artères principales.*

XVIII. *Concours financier par l'État et les localités intéressées.*

XIX. *Organisation de service économique sur les chemins de fer à faible trafic.*

XX. *Services par automobiles.*

Il termine en parlant de l'exposition spéciale et très complète de matériel fixe et de matériel roulant organisé par les chemins de fer américains. Elle présentait un grand intérêt et permettaitl'étude approfondie de tous genres de signaux, d'appareils de voie, de matériel roulant, etc.

M. Pontzen rend hommage à l'hospitalité américaine et cite tout spécialement les réceptions à la Maison-Blanche et à l'ambassade de France.

Parmi les programmes variés d'excursions, deux tournées de libre parcours avaient été organisées, embrassant l'une un parcours de 2400 km, l'autre d'environ 4 000 km.

De ce Congrès se dégage l'impression bien nette suivante :

Dans la construction et dans l'exploitation des chemins de fer, deux méthodes distinctes existent : celle du Vieux-Monde et celle qui répond aux circonstances particulières des États-Unis.

La méthode américaine est à la fois la condition et la conséquence du développement rapide des chemins de fer aux États-Unis; et celui-ci se trouve lui-même lié de la même façon au progrès prodigieux de l'industrie et du commerce de ce grand pays.

Ce n'est qu'en les appropriant aux conditions de nos chemins de fer, qui diffèrent sous maints rapports des leurs, que nous pourrons tirer profit des constructions, des dispositions, des installations ou des règlements qui donnent satisfaction aux États-Unis.

M. le Président remercie M. Pontzen d'avoir bien voulu prendre la parole pour remplacer au dernier moment la communication de M. Ribourt.

Malgré le peu de temps dont le conférencier a pu disposer pour préparer son travail, ce dernier présente le plus grand intérêt et la Société ne peut que se féliciter d'en avoir entendu ce soir l'exposé.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J. Bonnamy, J.-A. Lencauchez, A. Moine, C. de Oliveira, U. Roux comme Membres Sociétaires Titulaires, et de M. Ch. Theric comme Membre Associé.

MM. R.-C. Borghi et G.-E. Paul sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

L'un des Secrétaires techniques,
Taupiat-de Saint-Symeux.

LA MÉTALLURGIE DU CUIVRE
AUX ÉTATS-UNIS

PAR

M. F. GLAIZOT

INTRODUCTION

Les États-Unis offrent un exemple unique au monde pour la rapidité extraordinaire avec laquelle la métallurgie du cuivre s'y est développée pendant les dernières années du siècle précédent. La richesse des gisements exploités, l'extension considérable des chemins de fer, enfin les capitaux énormes engagés dans les entreprises minières et métallurgiques, ont dirigé de ce côté une partie de l'activité industrielle de ce pays. La production du cuivre s'est accrue à un tel point qu'on a pu craindre un moment qu'elle ne fût supérieure à la consommation de ce métal. Mais de nouveaux moyens d'utilisation se sont créés pour le cuivre, à mesure que les usines le produisaient, de sorte que, loin d'être en excès, il s'est au contraire trouvé insuffisant devant les débouchés qui se présentaient.

Les usines métallurgiques des États-Unis sont caractérisées par la grandeur des appareils employés; elles cherchent avant tout à économiser la main-d'œuvre. Les transporteurs mécaniques se sont introduits même dans les petites usines où on les utilise pour le transport des minerais ainsi que de la matte et de la scorie.

Au point de vue des minerais, les gisements de cette contrée présentent une grande diversité. Tandis que les sulfures du Montana ont une assez bonne teneur en argent, les minerais sulfurés et oxydés de l'Arizona, qui contiennent rarement des métaux précieux, se prêtent admirablement à la production d'une matte riche et même de cuivre noir. D'un autre côté, les gisements du Lac Supérieur produisent du cuivre natif qui peut être raffiné en une seule opération. Enfin les États du Tennessee et du South Dakota produisent des pyrites à basse teneur dont

Statistique de la production du cuivre aux États-Unis
(en tonnes métriques).

ANNÉES	MICHIGAN	ARIZONA	MONTANA	UTAH	CALIFORNIE	COLORADO	NEW MEXICO	AUTRES ÉTATS	PRODUCTION DE SULFATE DE CUIVRE	PRODUCTION TOTALE DES U.S.A.	PRODUCTION TOTALE du monde entier	COURS MOYEN annuel du cuivre du Lac Supérieur (en cents par livre)
1879	19 436	»	»	»	»	»	»	»	»	23 368	154 394	17 125
1880	22 912	»	»	»	»	»	»	»	»	27 432	156 422	20 125
1881	24 701	»	»	»	»	»	»	»	»	32 512	165 983	18 125
1882	25 913	8 157	4 108	274	375	678	394	1 181	»	41 850	184 528	18 500
1883	26 877	10 828	11 186	155	726	523	374	1 526	»	52 937	202 596	15 875
1884	31 445	12 125	19 546	120	397	913	27	1 157	»	67 196	223 773	13 875
1885	30 970	10 299	30 750	58	212	520	37	629	»	77 149	229 201	11 125
1886	36 403	7 261	26 129	227	195	185	249	759	»	73 586	220 559	11 000
1887	34 377	8 071	35 696	1 134	725	912	128	1 194	»	84 023	237 539	11 250
1888	39 235	15 058	44 681	967	711	736	740	1 935	»	106 007	262 154	16 666
1889	39 648	14 938	47 438	1 089	771	1 406	1 671	1 685	»	111 001	265 384	13 750
1890	45 672	15 829	50 346	272	725	2 721	394	1 905	»	121 523	273 928	15 750
1891	51 755	19 002	50 964	771	1 700	3 175	725	2 021	»	135 381	279 998	12 625
1892	49 067	17 409	73 048	907	1 453	3 288	227	1 134	»	151 152	309 113	11 550
1893	51 497	19 817	70 439	594	1 281	3 230	125	1 748	»	152 271	310 704	10 750
1894	51 946	20 207	83 047	536	55	2 961	70	1 596	5 670	164 194	330 132	9 560
1895	58 847	21 920	88 341	1 209	103	2 778	0	2 087	5 443	175 294	339 699	10 760
1896	65 341	33 449	103 848	1 610	891	4 327	»	2 631	5 526	212 112	384 493	10 880
1897	66 149	36 749	107 568	1 749	6 409	4 200	»	2 606	1 897	227 430	412 818	11 290
1898	71 676	50 267	98 416	2 442	9 772	4 931	»	2 999	3 182	243 069	441 284	12 030
1899	70 687	56 868	107 929	4 222	10 848	4 815	»	3 987	4 313	263 683	476 194	17 610
1900	65 417	52 344	115 417	8 393	13 444	3 550	»	8 824	5 132	272 536	494 432	16 520
1901	70 536	57 233	104 263	9 125	15 270	3 571	»	10 986	5 316	276 300	537 381	16 550
1902	77 195	54 357	120 877	10 858	11 357	3 839	»	10 320	4 152	292 955	546 331	11 887
1903	87 222	69 665	111 125	17 145	8 870	3 549	»	12 315	2 849	312 532	582 343	13 417
1904	93 799	83 058	112 268	18 923	8 618	»	»	»	»	332 739	613 000	14 849

les métaux précieux forment la principale valeur ; ces minerais sont traités avec succès par la fusion pyritique.

Ce mémoire est le résumé de documents que j'ai eu l'occasion de me procurer au cours des séjours que j'ai faits dans diverses exploitations minières et métallurgiques d'Amérique. J'ai également trouvé des renseignements précieux dans diverses publications techniques comme : *Transactions of the American Institute of Mining Engineers, — The Mineral Industry, — The Engineering and Mining Journal, — The Denver Mining Reporter.*

HISTORIQUE

La production du cuivre est restée longtemps aux États-Unis en retard sur celle des autres métaux. Ainsi, tandis que dès le XVII[e] siècle, la métallurgie du fer se développait parallèlement à l'exploitation des mines de fer, il faut attendre la fin du XIX[e] pour voir l'industrie du cuivre y commencer l'effort prodigieux qui l'a placée presque immédiatement au premier rang parmi les autres nations productrices de ce métal. Actuellement, la disparition des premières difficultés (telles que la cherté de l'outillage, le prix élevé des transports, les mauvais procédés de traitement), a permis le développement de la production de ce pays qui, depuis dix ans, dépasse celle du reste du monde.

La première période, qui s'étend de la découverte des premières mines jusqu'à l'exploitation du cuivre du Lac Supérieur, en 1845, montre de nombreux essais pour la plupart infructueux. L'ancienne loi anglaise, qui interdisait la métallurgie du cuivre aux colonies et, plus tard, l'ignorance du traitement à employer nécessitèrent pendant longtemps l'envoi des minerais aux usines d'Europe.

En 1648, près de Salem, dans le Massachussets, on découvrit une mine de cuivre dont le minerai fut envoyé en Suède et en Allemagne ; mais la teneur était insuffisante pour compenser les frais de transport ; aussi on l'abandonna.

En 1700, dans le Connecticut, trois clergymen s'associèrent pour exploiter la mine de Simsbury, mais leur science se trouva en défaut devant les difficultés qui se présentèrent. Trente ans plus tard, une fonderie s'établit à Boston et ne fut pas plus heureuse en essayant de traiter les minerais de Simsbury. Devant ces insuccès, on décida d'envoyer les minerais en Europe.

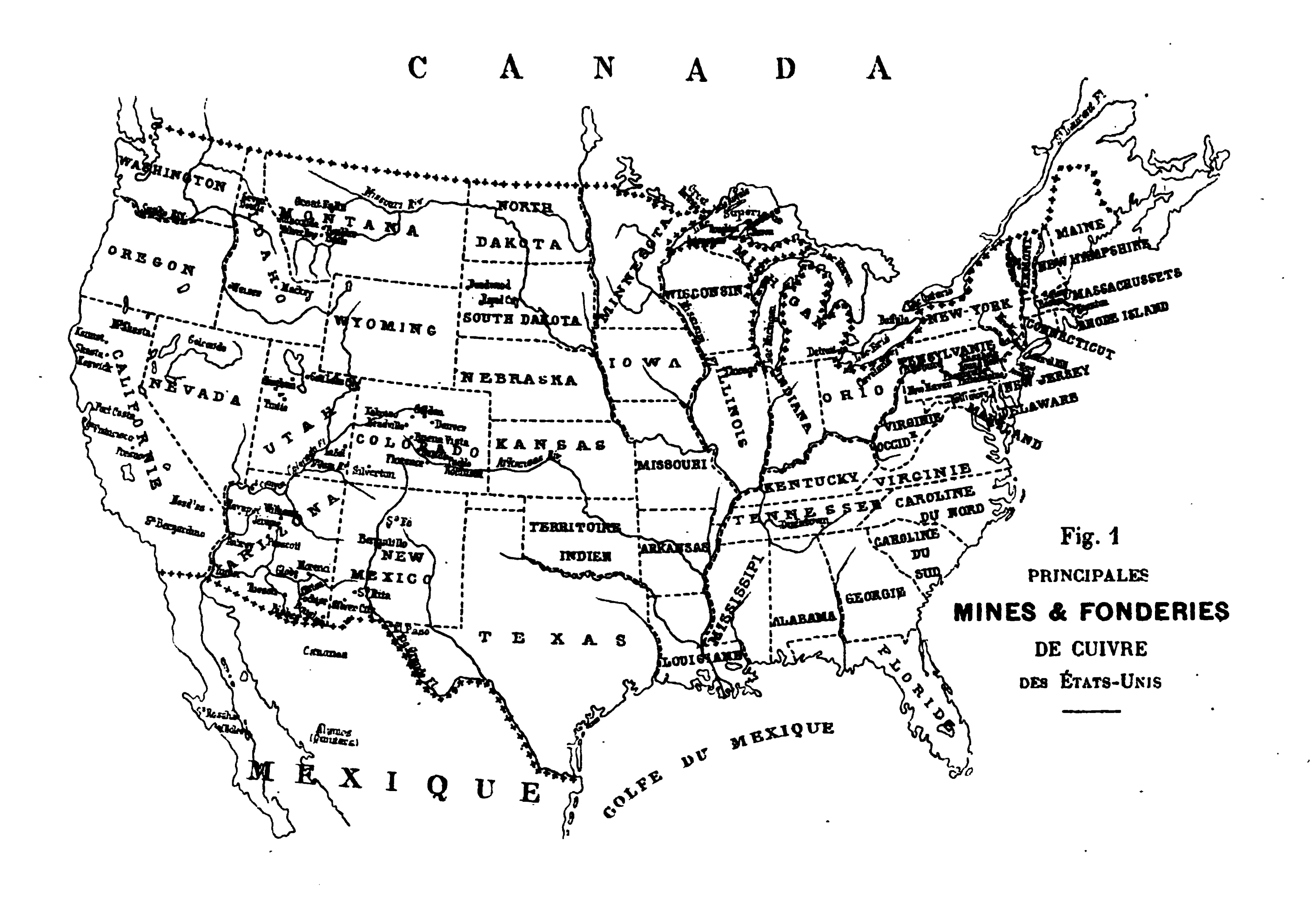


Fig. 1

PRINCIPALES

MINES & FONDERIES

DE CUIVRE

DES ÉTATS-UNIS

Mais, là encore, les mineurs de Simsbury trouvèrent des mécomptes : un bateau chargé de minerai fit naufrage ; un autre fut pris par une frégate française.

Vers le milieu du XVIIIe siècle, un Allemand construisit à Hanover une usine de fusion et d'affinage sur le modèle européen. Ces ateliers fournirent le cuivre nécessaire aux batteurs d'or pour faire des alliages. Les cents de cuivre de la monnaie de Granby en sortirent également. A la même époque, la mine de cuivre d'Harrison, dans le district d'Hudson (New-Jersey), fut exploitée avec succès. Le minerai était expédié en Angleterre après avoir été concentré sur place. Dans cette région, on travailla d'autres mines, qui furent ultérieurement achetées par « The New-Jersey Copper mines Association ».

Les fonderies de Belleville et de Bound Brook (New-Jersey), s'élevèrent un peu plus tard. A Deer Park (Maryland), on construisit également un four de fusion pour traiter les minerais de Liberty et Mineral Hill. Les scories produites étaient très riches : on les retrouva un siècle plus tard et on les refondit.

Ces fours étaient probablement construits en briques, bas, et avec avant-creusets. Le raffinage se faisait dans des fours ouverts.

Après la révolution, qui donna aux États-Unis leur indépendance, en 1808, les fabricants de tôles et de clous de Boston adressèrent au congrès une demande de lois nouvelles en vue d'encourager la production du cuivre. Ce métal, fourni en partie par les pyrites de Vermont, de New-Jersey et du Tennessee, en partie par les importations de l'Amérique du Sud, fut traité par les ateliers de Boston et de Maryland, qui construisirent des laminoirs pour fabriquer des tôles de cuivre pour la navigation. Ces ateliers devinrent plus tard ceux de « The Revere Copper Cy » et de « The Gunpowder River Cy ».

En 1829, à Strafford (Vermont), on construisit un four pour traiter la pyrrhotine. Puis s'élevèrent « The Crocker's Works » à Taunton (Massachussets). Peu après, l'ancienne mine de Liberty, Maryland, fut rouverte et on y construisit une fonderie.

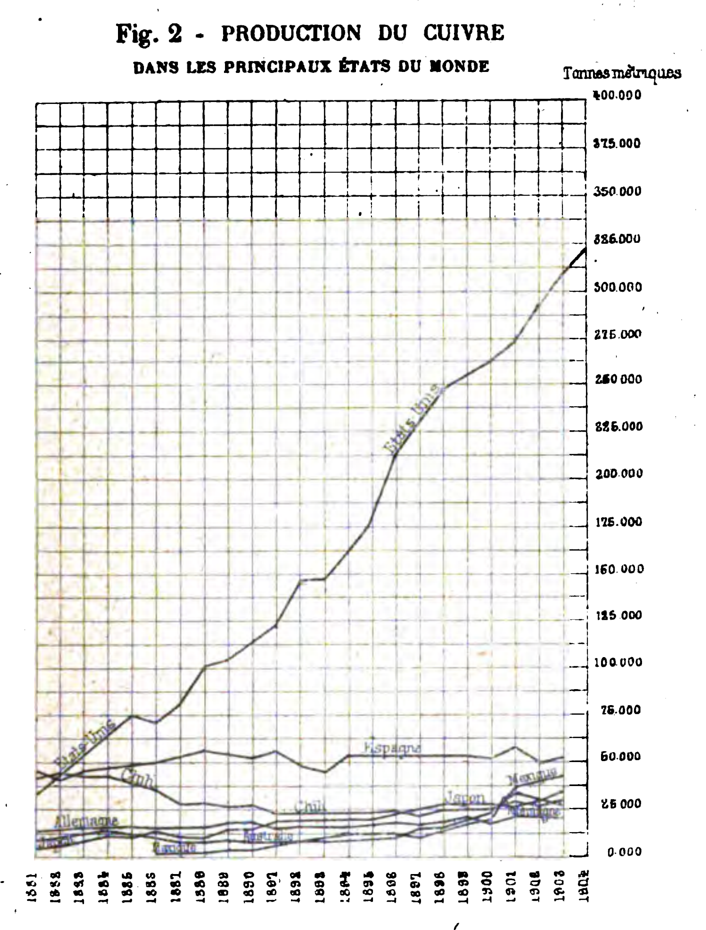
L'année 1845 fut le point de départ d'une nouvelle période beaucoup plus prospère. Le cuivre du Lac Supérieur fit son apparition sur le marché. La mine de Cliff, ouverte en 1844, devint productive l'année suivante. En même temps, l'importation des minerais de Cuba et du Chili commença à se faire sur une grande échelle. Aussi c'est sur la côte de l'Atlantique que

se formèrent les premiers établissements métallurgiques importants.

Les ateliers de « The Baltimore and Cuba Smelting and Refining Cy » à Baltimore, et de « The Revere Copper Cy » à Boston, s'élevèrent à cette époque. A Boston, on employait de petits fours à cuve en briques, munis de deux tuyères ; les minerais

Fig. 2 - PRODUCTION DU CUIVRE

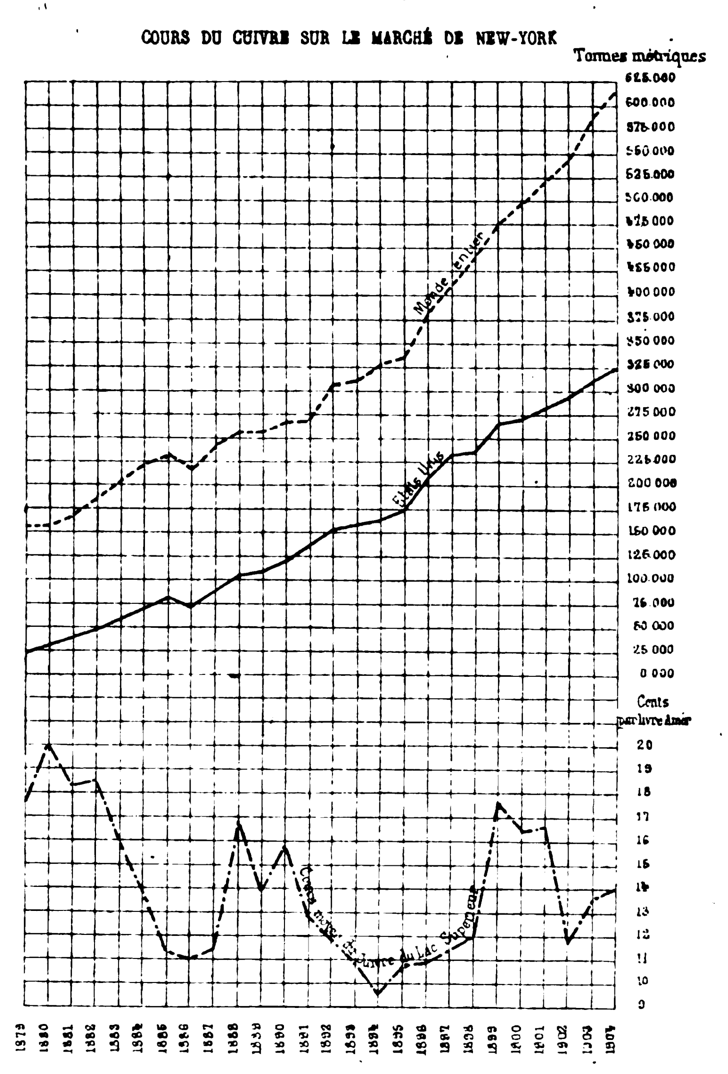
DANS LES PRINCIPAUX ÉTATS DU MONDE



sulfurés du Chili étaient fondus après avoir subi un grillage en tas. Les mattes, après grillage dans des kilns, étaient refondues, puis on raffinait le cuivre au réverbère. A Baltimore, on eut recours à des fours à réverbère pour tout le traitement ; on fondait les minerais de Cuba et du Chili par la méthode de Swansea. Mais divers incidents amenèrent la fermeture des ateliers : en 1854, on démolit les appareils et on y trouva des bottoms de cuivre

et des scories riches qu'on expédia en Angleterre. L'année suivante, on fit des essais de lixiviation à l'eau des minerais sulfurés suivie de la précipitation par le fer. Il y eut de grandes

Fig. 3 - PRODUCTION DU CUIVRE AUX ÉTATS-UNIS
ET DANS LE MONDE ENTIER

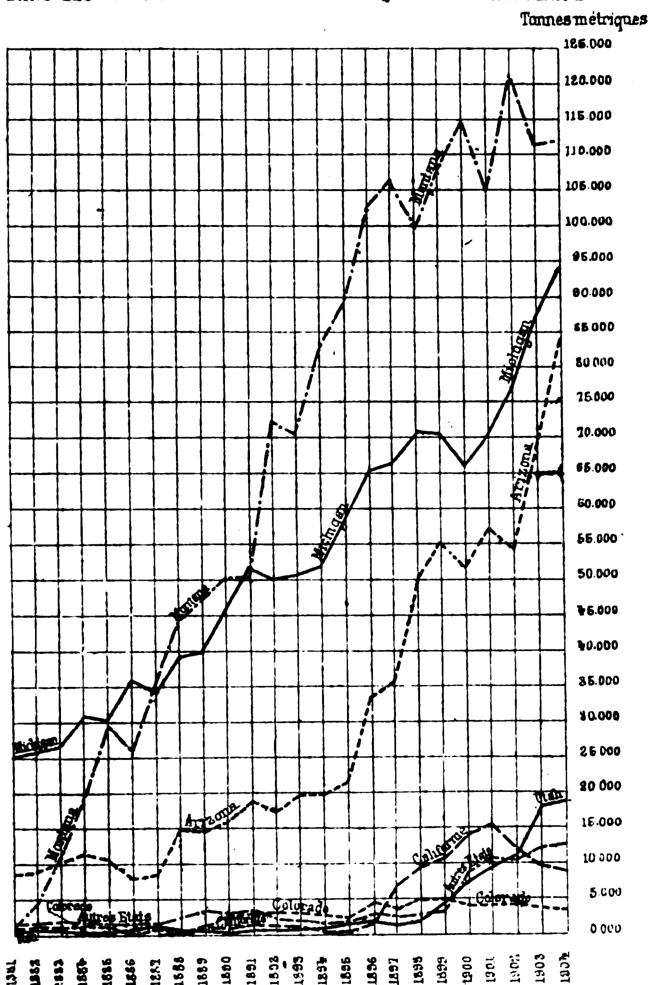


pertes en cuivre. La Compagnie s'associa avec d'autres Compagnies de Canton et continua ses opérations sur une plus grande échelle; elle faillit sombrer en 1870 par suite du manque de

minerai. Mais les minerais d'Arizona, du Colorado et du Montana commencèrent heureusement à venir sur le marché. On agrandit les ateliers et on construisit une usine à acide sulfurique.

Les usines de « The Gunpowder Works » dans le Maryland,

Fig. 4 - PRODUCTION DU CUIVRE
DANS LES DIVERS ÉTATS DE LA RÉPUBLIQUE NORD-AMÉRICAINE



après plusieurs années de fonctionnement, furent achetées par la ville de Baltimore et devinrent : « The Baltimore Copper Smelting and Rolling Cy ». Elles s'agrandirent alors considérablement et introduisirent le raffinage électrique.

Revenant à 1845, signalons que, peu après cette date, deux

autres fonderies s'élevaient à Bergen Point et à East Haven ; les dernières fondaient les minerais du Chili, du Vermont et du Connecticut. On fabriqua d'abord la matte dans des fours à réverbère, puis dans des fours à cuve avec réduction ultérieure de la matte au réverbère. Les impôts de la guerre de Sécession en 1867 amenèrent la fermeture de ces usines.

A Phœnixville (Pennsylvanie), on construisit en 1860 une nouvelle fonderie qui n'eut pas plus de succès. « The New-Haven Copper Cy » à New-Haven (Connecticut) et « The Bergen Point Cy » (New-Jersey), datent de cette époque.

En 1881, « The Oxford Copper Cy » établit de grandes usines à Bergen Point. Elle employait des fours à cuve en briques pour produire la matte qui était ensuite fondue au réverbère.

Dans les vingt dernières années du XIXe siècle, la production énorme des mines de l'Ouest amena la création de nouvelles usines sur la côte de l'Atlantique; nous citerons plus loin les plus importants de ces établissements.

Les minerais provenant des mines de l'intérieur du pays furent primitivement envoyés à Boston. C'est dans la région de l'Ouest qu'on rencontre les premières fonderies importantes. La production croissante des minerais du Lac Supérieur fit naître en 1850 deux grandes fonderies à Cleveland et à Hancock. « The Hussey and C^{o} Works », à Cleveland, employèrent des réverbères à voûte amovible pour les grandes charges. « The Detroit and Lake Superior Company », à Hancock et Détroit, fondit et affina le minerai en une seule opération au réverbère. On refondit ensuite les scories riches au four à cuve pour récupérer le cuivre entraîné.

A Verchère (Vermont), on construisit deux petits fours à cuve du type Allemand avec 1 ou 2 tuyères; leur capacité était de 10 tonnes.

A Ducktown (Tennessee), on fit à la même époque de nombreux essais avec différentes espèces de fours. On construisit d'abord deux grands fours à cuve, que des réverbères remplacèrent bientôt; puis on revint aux fours à cuve, mais de petit diamètre (0,44 m). Ces fours étaient faits avec des murs très épais dérivés du système des fours mexicains construits en « adobes ». Les « adobes » sont des sortes de briques crues faites avec un mélange d'argile et de terre, avec un peu de paille pour leur donner de la consistance; elles sont simplement séchées au soleil.

« The Union Consolidated Company » construisit plus tard des fours en briques de 12 tonnes qui furent remplacés en 1876 par des water-jackets de 0,60 m de diamètre. Ces fours furent avec ceux de Copperopolis (Utah) les premiers grands water-jackets construits aux Etats-Unis.

Simultanément, dans la Caroline du Nord, à la mine de Ore-Knob, on faisait le traitement du cuivre d'après les mêmes principes. Des fonderies s'élevèrent également près des mines de « The Stone Hill » (Alabama), à Milan (New-Hampshire), aux mines de « The Blue Hill » (Maine). Les mines d'Ely (Vermont), et quelques anciennes mines de Ducktown furent rouvertes récemment et on y construisit de nouvelles fonderies.

La région de l'Ouest fut plus lente à se développer, mais dans la suite, elle rattrapa promptement le temps perdu. En effet, la métallurgie du cuivre aux États-Unis, bien que née sur la côte de l'Atlantique et développée ensuite parallèlement au voisinage des mines de l'Est, n'y fit que peu de progrès. Au contraire, dans la région de l'Ouest, quand les chemins de fer permirent l'accès de contrées jusqu'alors inaccessibles, se produisirent des perfectionnements universellement adoptés aujourd'hui, mais dont la plupart venaient d'Europe : tels les fours mécaniques, dont un type au moins existait depuis longtemps dans le Cornouailles; tels surtout les convertisseurs qui constituent une invention française. Cette réserve faite, il faut constater le développement considérable qui se fit dans l'Ouest américain des fours mécaniques de grillage, des water-jackets et des convertisseurs.

Les premières fonderies installées dans le New Mexico le furent près de Silver-City, avant l'annexion de ces États à la République. Après l'annexion, un petit four d'adobes fut construit près de la mine d'Hanover.

Puis, en Arizona, à Aubrey, sur le Bill Williams Forks, affluent du Colorado, on installa un water-jacket qui fut probablement le plus anciennement construit en Amérique. Les murs étaient verticaux et il y avait un seul trou de coulée pour la matte et la scorie. Le four était ouvert à la partie supérieure et sans hotte à fumées.

La première fonderie importante de l'Ouest fut celle de Black Hawk, dans le district de Gilpin, Colorado ; la matte était traitée au réverbère ; elle s'est transformée depuis en « The Argo Works ».

En 1860, en Californie, on exploita une petite mine, mais on n'éleva pas de fonderie.

En 1870, on construisit des fours en Utah, en Nevada, au Mont Lincoln (Colorado), en Californie, à la mine de Longfellow (Arizona).

Vers cette époque, les chemins de fer commencèrent à pénétrer dans les régions les plus reculées ; la production du cuivre subit un nouvel accroissement. L'Arizona tint d'abord le premier rang dans cette marche ascendante, mais fut ensuite dépassé par le Montana.

En Arizona, dans le district de Clifton, l'ancienne mine de Longfellow fut achetée par « The Arizona Copper Company » qui installa d'abord des fours à cuve en adobes de 1 tonne, puis des fours à réverbère et enfin des petits fours à cuve en briques ; l'arrière du four était formé par un water-jacket. Elle installa plus tard de grands water-jackets.

Dans le district de Globe, en 1880, la Compagnie de Bloody Tanks construisit un four de fusion ; elle exploita la mine de Old Dominion et acheta ensuite celle de Old Globe dont les minerais de fer micacés permettaient d'obtenir un meilleur lit de fusion.

En 1882, se formèrent « The Long Island Company » et « The Buffalo Copper Company », achetées ultérieurement par « The United Globe Mining Company ».

Enfin les Compagnies de Tacoma, Bisbee, Jerome, Douglas, Prescott et du comté de Cochise établi rent des water-jacketset des convertisseurs horizontaux.

Dans le Montana, la métallurgie ne fit ses débuts qu'en 1880. Une fonderie s'établit à Butte ; c'était le « William Smelter », qui opérait la fusion au four à reverbère. « The Parrot Works » et « The Meaderville Works », de la « Montana Copper Company » furent construits la même année. En 1882, le chemin de fer atteignit la ville de Butte ; on construisit un four à cuve pour les minerais de Butte. A Colusa Lode, on établit une fonderie où le four mécanique O'Harra fut employé pour la première fois.

La mine d'Anaconda fut découverte en 1883. Des fours à réverbère furent construits à Deer Lodge River. En même temps, le convertisseur Manhès-David était introduit à l'usine de la compagnie de Parrot.

En 1886, « The Boston and Montana Consolidated Copper and Silver Company » succéda à « The Montana Copper Company » ;

elle construisit les grands ouvrages de Great Falls sur le Missouri ; elle installa des fours Brückner, avec fonderie, concentration, conversion et électrolyse.

« The Montana Ore Purchasing Company », qui avait primitivement installé des réverbères à matte, les remplaça par des fours à cuve. Son exemple fut suivi par « The Butte and Boston Company », qui s'adjoignit des fours de grillage du type Brown-Allen.

Dans le Colorado, les anciens fours à plomb de la région de Leadville furent remplacés par des fours à cuivre ; de nouvelles fonderies s'élevèrent récemment.

Dans le Texas, sur la frontière mexicaine, une grande fonderie s'établit à El Paso pour traiter les minerais achetés en Arizona et au Mexique.

Vers la fin du XIXe siècle, de nombreuses tentatives de fusion pyritique furent faites dans différentes usines, notamment dans le Montana, le Tennessee, le South Dakota et le Colorado ; actuellement, ce procédé est employé avec succès dans un grand nombre de fonderies.

Enfin, dans ces dernières années, beaucoup de compagnies se sont associées entre elles afin de centraliser en une seule usine le traitement des minerais de plusieurs mines. C'est ainsi que se formèrent : dans le Montana, « The Amalgamated Copper Company », dont nous parlerons plus bas, et « The United Copper Company » ; dans le Michigan, « The Michigan Smelting Company », syndicat d'un grand nombre de compagnies minières ; dans la Californie, « The Mount Shasta Gold Mines Corporation », etc.

La formation de ces associations, tout en donnant aux compagnies qui les composent une très grande force au point de vue industriel et commercial, permet aussi d'obtenir des résultats beaucoup plus avantageux par suite de la centralisation du travail et de l'emploi des appareils de plus grand tonnage.

C'est le 27 avril 1899, à Trenton (New-Jersey), que « The Amalgamated Copper Company » fit son apparition sons la direction de MM. Williams G. Rockefeller, Henry H. Rogers, Marcus Daly, Albert Bourrage. Elle disposait d'un capital de 75.000.000 de dollars. Elle avait pour but de surveiller l'exploitation et le traitement de minerais de cuivre, d'or et d'argent dans les établissements placés sous son contrôle. Elle pouvait aussi acheter, vendre et construire des usines et acquérir des propriétés. Elle contrôlait à ses débuts les compagnies de : Boston et Montana, Anaconda,

Butte et Boston, Parrot, Washoe, Colorado, du Montana, et celles de Arcadian et Ile Royale dans le Michigan. Son capital fut ensuite porté à 155.000.000 de dollars pour faciliter l'achat de nouvelles propriétés. « The Tennessee Copper Company » se forma sous ses auspices.

L'influence d'un trust aussi puissant se fit parfois sentir sur le marché du cuivre. En 1901, l'Amalgamated, après avoir d'abord ralenti sa production par suite de nombreux travaux de réparation et d'aménagement de ses mines, força ensuite cette production et accumula bientôt des stocks importants. Puis, profitant du mauvais état des affaires en Europe, l'Amalgamated, suivie en cela par quelques compagnies du Michigan, livra sur le marché ses stocks de cuivre en baissant progressivement ses prix ; ce métal, dont le cours était alors de 17 cents par livre (1 fr. 85 le k), atteignit en janvier 1902 le prix de 10 cents 87 par livre (1 fr. 20 le k). Beaucoup de petites compagnies succombèrent à cette époque ou subirent un arrêt temporaire. Mais les marchés européens, qui n'avaient primitivement offert que peu de résistance, remontèrent heureusement en 1903 à la suite des achats qui se firent alors sur une grande échelle. Des spéculations produisirent une nouvelle hausse du cuivre. L'Amalgamated dut par conséquent abandonner la lutte. Néanmoins, on voit par là le retentissement considérable que peuvent avoir les agissements d'une association qui contrôle un quart de la production du cuivre dans le monde entier.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE

Actuellement, le traitement des minerais de cuivre aux États Unis est le suivant :

Les minerais subissent d'abord une préparation mécanique qui consiste en un concassage préliminaire suivi du broyage et de la concentration si cela est nécessaire.

Les minerais sulfurés sont ensuite grillés en tas, en kilns ou dans des fours mécaniques. Puis ils sont fondus au four à réverbère ou au four à cuve ; le produit de la fusion est une matte (sulfure complexe de cuivre et de fer), dont la teneur est généralement de 40 à 50 0/0 ; quand les minerais oxydés sont en proportion assez grande, il se produit directement du cuivre noir à 95 0/0 en cuivre.

La matte est ensuite affinée dans des convertisseurs ou rarement dans des fours à réverbère ; il en résulte un produit de 95 à 99 0/0 en cuivre qu'on appellé le « Blister copper ».

Enfin le Blister copper et le cuivre sont raffinés soit électrolytiquement, soit au four à réverbère.

On peut donc résumer ainsi les opérations du traitement :

Préparation mécanique ;

Grillage ;

Fusion pour matte au four à cuve ou au four à réverbère ;

Conversion de la matte ;

Raffinage du cuivre noir et du Blister copper.

Préparation Mécanique.

Le minerai à sa sortie de la mine, est généralement concassé, soit par des machines à mâchoires du type Blake à mouvement discontinu, soit par des machines du type rotatif Gates ou Austin à mouvement continu. Ces dernières ont une capacité plus grande que les premières, et, comme j'ai pu le constater moi-même, le mouvement y étant plus régulier, elles supportent un travail consécutif de plus longue durée. Cependant la machine Blake a l'avantage de présenter une usure moins rapide de ses pièces.

Le minerai qui doit subir la concentration est ensuite soumis à un broyage plus fin qui s'effectue au moyen des cylindres broyeurs ou des batteries de bocards. Les bocards peuvent être mus par l'action directe de la vapeur, comme c'est le cas dans le Michigan ; leur mouvement peut aussi dépendre d'une commande pneumatique ; le plus souvent ils agissent par la seule action de la pesanteur. La pulpe formée par le minerai mélangé avec de l'eau, est ensuite dirigée dans des classeurs hydrauliques où se se forment des dépôts différents suivant la grosseur et la densité des éléments qui les composent.

Les minerais à l'état de grenaille sont concentrés dans des jigs ; ces appareils, d'origine allemande, furent importés aux Etats-Unis dans la deuxième moitié du siècle précédent ; leur rendement, c'est-à-dire la récupération du métal, peut aller jusqu'à 85 à 94 0/0 ; leur capacité varie de 1/2 tonne à 2 tonnes par heure.

Les minerais à l'état fin sont concentrés sur des tables à secousses. Dans ce genre d'appareils, les plus employés sont les

frue vanners et les tables de Wilfley. Les frue vanners sont des toiles sans fin soumises, d'une part, à un mouvement d'avancement et, de l'autre, à des secousses latérales ou longitudinales; les particules métalliques suivent le mouvement d'avancement de la toile, tandis que les slimes sont entraînés par un courant d'eau. La capacité de ces appareils peut atteindre 10 t en 24 heures ; leur rendement est très variable suivant la nature et la complexité des minerais; il peut aller jusqu'à 80 0/0. Les frue vanners ont l'inconvénient d'occasionner des réparations fréquentes, surtout quand le nombre des secousses dépasse 220 par minute ; ils deviennent par suite fort coûteux. Ils sont remplacés dans beaucoup d'usines par les tables de Wilfley, qui tendent à se généraliser de plus en plus en Amérique. Ces tables exigent peu de frais pour leur installation, ce qui est surtout appréciable pour les petites usines ; leur capacité varie entre 15 t et 25 t. Ce sont des tables inclinées sur lesquelles des rainures sont disposées dans le sens de la longueur. La pulpe est distribuée du côté le plus haut ; les parties lourdes avancent en suivant les rainures qui les maintiennent, tandis que les slimes sont entraînés par-dessus les rainures vers la partie inférieure de la table. Le rendement de ces appareils, également très variable, peut, dans de bonnes conditions, atteindre 94 0/0.

On emploie aussi d'autres tables à secousses qui se rattachent plus ou moins à ces types, comme les tables de Bartlett et de Woodbury.

Pour la concentration des slimes, on emploie souvent des tables circulaires tournantes, comme c'est le cas dans le Montana.

Fours mécaniques de grillage.

Ces fours ne sont employés que pour les pyrites et les concentrés, le grillage des minerais ordinaires s'effectuant dans des stalles ou dans des kilns.

Le cylindre tournant de Brückner a déjà de longues années d'existence ; le premier fut introduit dans le Colorado par son inventeur en 1867 ; depuis cette époque, il a subi de nombreuses modifications. Ses dimensions courantes sont : 2,45 m × 5,50 m, ce qui lui donne une capacité de 12 t en 24 heures.

Les appareils le plus universellement en usage aujourd'hui pour le grillage sont les fours à réverbère automatiques à sole fixe. Ces fours sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en

donner ici la description. Ils se composent d'une ou plusieurs soles sur lesquelles le minerai est étalé et remué au moyen de socs et de râteaux qui sont animés soit d'un mouvement continu soit d'un mouvement de va-et-vient. Parmi ces fours, les plus employés sont : le four Allen-O'Harra, qui a une capacité de 50 t en 24 heures ; le four Pearce-Turret, de 17 t, à sole circulaire ; les fours Keller et Wethey, de 45 t ; le four Brown, dit en fer à cheval, à capacité très variable suivant la composition des minerais.

Quant aux fours du type Mac-Dougall, ils reposent sur un principe spécial ; l'appareil se compose d'une tour ronde munie de plusieurs soles, traversées par un arbre central ; cet arbre porte une série de bras qui opèrent l'étalage de la charge et la font tomber sur lés soles inférieures. Le four Herreshoff, qui appartient à ce type, comporte 5 soles superposées ; sur la première se fait le séchage du minerai ; sur la seconde, commence le grillage ; sur la troisième, le grillage continue, on voit des étincelles ; la quatrième sole achève le grillage ; sur la cinquième, le minerai s'assombrit et se refroidit.

Le four Evans-Klepteko, dernière modification du type précédent, en diffère en ce que l'arbre central et les bras qui portent les râteaux sont refroidis par une circulation d'eau. Le four a 6,36 m de hauteur et 4,82 m de diamètre. Il est garni avec une rangée de briques rouges. Sa capacité varie avec la rapidité de la marche des râteaux. Quand l'arbre central fait 48 révolutions par heure, le four peut griller 30 t en 24 heures ; avec 60 révolutions, la capacité devient 40 t ; avec 70 révolutions, elle atteint 50 à 55 t.

Fours a cuve.

Forme et dimensions des fours. — Les fours à cuve à section rectangulaire sont presque universellement adoptés dans les usines importantes. L'impossibilité d'augmenter le diamètre des fours circulaires sans accroître proportionnellement la pression du vent, a conduit naturellement à leur donner une forme allongée quand on désirait un plus grand tonnage. On rencontre le plus généralement les dimensions de : 1 m × 4 m ; 1,20 m × 4,50 m ; 1,40 m × 4,50 m dans la région des tuyères. Quelquefois, comme à Clifton, on a préféré diminuer encore la largeur des fours, tout en leur conservant une grande section ; les derniers cons-

truits ont 1 m × 6,50 m. La capacité courante de ces fours varie entre 160 et 450 t.

Cependant, la capacité d'un four ne croît pas proportionnellement avec ses dimensions. Des expériences comparatives faites à Anaconda, entre deux fours, l'un de 1,40 m × 4,50 m, l'autre de 1,20 m × 4,50 m, ont montré que le second avait un tonnage relatif plus grand que le premier, bien que la pression du vent y fût moindre. Tandis que la capacité du premier four était de 413 t métriques par 24 heures, ce qui équivaut à 650 kg par décimètre carré de section, le second pouvait fondre, pendant le même temps, 403 t de minerai, ce qui représente 750 kg par décimètre carré. Dans une autre fonderie du Montana, un four de plus petite dimension, 0,88 m × 3,05 m, montra une capacité relative de 1300 kg par décimètre carré de section. Cette considération vient un peu contre-balancer l'avantage que les grands fours présentent au point de vue du tonnage considérable et de l'économie de main-d'œuvre. D'ailleurs, l'état physique des éléments de la charge est également à considérer; si le minerai est en gros morceaux, la largeur du four n'est limitée que par la puissance de pénétration du vent; s'il est en poussières, ou simplement très fin, il se forme au centre des fours une masse lourde que le vent traverse difficilement, si la section aux tuyères est trop grande. Enfin, dans les très grands fours, qui exigent les pressions énormes de 130 g par centimètre carré, ou 1,30 m de colonne d'eau, il devient dangereux d'envoyer le vent sans le chauffer préalablement; les grandes pressions ont, de plus, l'inconvénient de favoriser la formation de l'oxyde de fer magnétique, qui se mélange à la matte.

Les plus grands fours ont 5,50 m d'intervalle entre le niveau des tuyères et le plancher de chargement; cette grande hauteur influe favorablement sur le tonnage, car elle augmente la rapidité de la marche du four; cependant, pour ne pas offrir une trop grande résistance au passage des gaz, on préfère généralement maintenir la colonne de minerai dans le four à 4,50 m de hauteur maxima.

Le rétrécissement de la section du four aux tuyères est nécessaire surtout pour les grands fours à haute pression, car les gaz, dilatés après avoir traversé la zone de fusion, trouvent ainsi un espace plus grand, qu'ils peuvent traverser sans avoir une vitesse trop considérable. De plus, les éléments de la charge, en arrivant sur les parois inclinées, subissent un mouvement de

friction qui facilite le passage des gaz à travers leurs masses. D'un autre côté, si l'on désire augmenter l'effet oxydant du four, pour produire une matte plus riche en cuivre, il est nécessaire de ne donner qu'une légère inclinaison aux parois du four; la grande température résultant de la contraction de la section aux tuyères, cause une marche plus rapide et une allure réductrice, qui produit par conséquent une matte à basse teneur. Ce fait est du reste facile à observer pendant la marche d'un four, et j'ai eu moi-même occasion de le constater; quand sa section est réduite, par suite des concrétions qui se forment sur ses parois, il se produit immédiatement une grande quantité de matte à basse teneur.

Construction des fours. Water-jackets. — Les fours en briques du type Raschette sont généralement abandonnés, les water-jackets présentant de grands avantages de durée, de facilité de construction et de réparation. Dans les fours les plus récents, les water-jackets s'étendent de la plaque de fond jusqu'à quelques centimètres du plancher de chargement; ce dernier intervalle est rempli, soit par une rangée de briques, soit par un cadre en fonte. Une disposition économique consiste à donner aux water-jackets une inclinaison uniforme sur toute leur longueur; les fours Herreshoff, qui appartiennent à cette catégorie d'appareils, sont, de plus, construits d'une seule pièce, ce qui a conduit à leur donner la forme elliptique au lieu de rectangulaire.

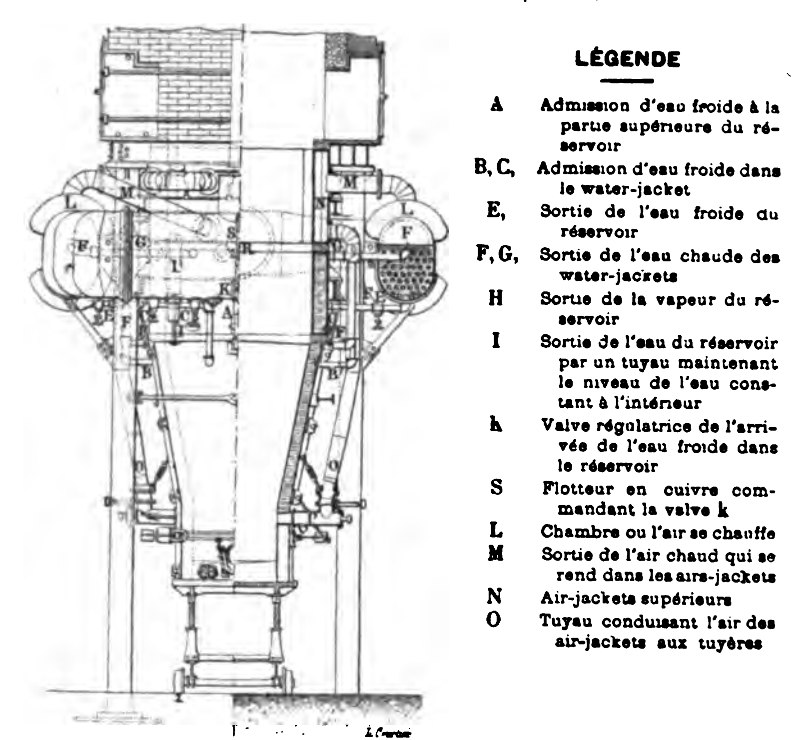
Les water-jackets sont maintenant construits en tôle d'acier, les rivets étant placés extérieurement pour les préserver de l'action du feu. On les fait le plus souvent en deux parties, reposant l'une sur l'autre, et maintenues individuellement par des poutres en fer fixées sur les colonnes qui supportent la superstructure. Cette disposition permet de remplacer la partie supérieure, qui s'use plus rapidement que l'autre par suite du grillage des sulfures se produisant dans cette partie du four et pouvant entraîner la formation d'acide sulfurique et de sulfate de cuivre. De plus, la torsion des tôles de grande dimension est, par là même, évitée.

Dans les pays où l'eau fait défaut, l'emploi des water-jackets peut devenir impossible. Dans certaines usines, on a essayé avec succès de recourir à l'eau de mer. Un exemple frappant en est donné par la Compagnie du Boléo, dont la fonderie est située sur les bords du Golfe de Californie; elle refroidit ses jackets

par une circulation rapide d'eau de mer, de manière à éviter le dépôt des matières salées.

On a essayé également par un perfectionnement récent de restreindre la quantité d'eau à fournir. Il consiste à faire absorber par l'eau la chaleur nécessaire à sa vaporisation, en la faisant sortir du jacket à l'état de vapeur; chaque kilogramme d'eau absorbe ainsi 608,5 calories de plus que quand elle sort à

Fig. 5 - FOUR WATER-JACKET (muni d'un AIR-JACKET)
COLORADO IRON WORKS (Denver)



la même température mais à l'état liquide. Les tuyaux de sortie de l'eau du jacket débouchent à la partie supérieure d'un réservoir extérieur contenant de l'eau froide; l'eau du jacket, ayant absorbé sa chaleur latente de vaporisation, bout à son arrivée dans le réservoir, et la vapeur s'échappe par un tuyau supérieur. Le réservoir reçoit à sa partie inférieure de l'eau froide, qui se rend ensuite aux jackets.

Enfin, on utilise la chaleur perdue par la vapeur en recouvrant le réservoir par une enveloppe en tôle, où le vent peut se

chauffer avant de se rendre dans un air-jacket supérieur, d'où il passe dans les tuyères. Cet appareil est construit par « The Colorado Iron Works », de Denver *(fig. 5)*.

Une autre modification consiste à diviser les water-jackets en deux parties bien distinctes: l'une, intérieure, est livrée à la circulation de l'eau, tandis que l'autre, placée extérieurement, sert de passage à l'air qui s'y réchauffe avant d'arriver aux tuyères; la chaleur enlevée à l'eau est ainsi utilisée pour chauffer le vent.

Les tuyères sont placées à 0,30 m l'une de l'autre sur les grands côtés du four; les petits côtés en possèdent chacun une. Ces tuyères sont, d'ailleurs, munies de valves permettant l'obstruction partielle ou complète du passage du vent.

La sole du four est composée d'une plaque métallique avec un garnissage en briques réfractaires; elle est maintenant supportée par des vérins, qui sont fréquemment montés sur un truck pouvant se déplacer sur des rails. Cette disposition permet d'opérer en quelques instants le changement de sole. Les vérins ont un jeu suffisant pour permettre le passage du garnissage de la sole au-dessous de la partie inférieure des water-jackets *(fig. 5)*.

Superstructure. — La partie supérieure, généralement en tôle pour les fours ronds, est le plus souvent en briques pour les fours rectangulaires; elle repose sur des poutres métalliques ou sur des arcs d'acier fixés sur des colonnes en fonte. Elle est quelquefois formée par des air-jackets, qui permettent le chauffage préalable du vent, notamment dans l'Arizona.

La sortie des gaz, au lieu de se produire par un carneau situé au-dessous du plancher de chargement, s'effectue maintenant par la partie supérieure de la superstructure; on permet ainsi à l'air froid, qui arrive par la porte de chargement, d'exercer une influence favorable sur les fumées, en amenant le dépôt de matières qui seraient entraînées sans cela.

Avant-creusets. — Les fours sont munis, d'une façon générale, d'avant-creusets qui évitent la formation de fer réduit ayant lieu par suite du séjour prolongé de la matte dans le four. Le mélange de matte et de scorie se rend dans l'avant-creuset par un conduit refroidi par circulation d'eau.

Certains auteurs, entre autres Schnabel, critiquent l'emploi de l'avant-creuset, comme produisant une mauvaise séparation de la matte et de la scorie, par suite du refroidissement de la

masse ; mais des métallurgistes très compétents, comme M. Peters, affirment que les défauts de l'avant-creuset ne doivent être imputés qu'au manque de soin de la part des ouvriers, et que, s'ils sont conduits avec une égale habileté, le creuset intérieur et l'avant-creuset donnent les mêmes résultats au point de vue de la séparation de la matte et de la scorie.

Les avant-creusets sont rectangulaires ou circulaires; les premiers sont quelquefois séparés en deux compartiments communiquant entre eux par la partie inférieure, de manière à permettre l'écoulement continu et séparé de la matte et de la scorie. La tendance actuelle est d'employer de grands avant-creusets circulaires, de 4,50 m de diamètre, leur hauteur étant de 0,85 m; le garnissage est formé par une rangée de briques réfractaires recouvertes de brasque. Ces avant-creusets sont montés sur rails.

La scorie est le plus souvent granulée dans l'eau.

Les fours qui produisent directement du cuivre par réaction d'oxydes sur sulfures sont munis d'un creuset intérieur, pour permettre le dépôt de cuivre métallique, ce qui ne pourrait avoir lieu dans les avant-creusets, où la chaleur est trop faible; cette disposition est adoptée à la Compagnie du Boléo.

Fours a réverbère.

Les fours à réverbère, originaires de Swansea, furent importés aux États-Unis dans les débuts de l'industrie du cuivre; les premiers essais de fusion pour matte furent faits dans des réverbères de petite dimension. La capacité restreinte et le prix élevé du travail avec ce type de fours les a fait remplacer, dans beaucoup d'usines, par des fours à cuve pour produire la matte. Cependant, dans le cas de la fusion des concentrés, l'emploi des réverbères peut devenir très avantageux, car les charges de fins et de poussières n'y présentent aucun inconvénient, tandis que, dans le water-jacket, elles produisent rapidement des concrétions, à moins qu'on ne les ait préalablement agglomérés en briquettes ou en boulets. C'est pourquoi des réverbères de grande dimension sont encore employés dans le Montana et le Colorado, ainsi que dans quelques usines de la côte de l'Atlantique.

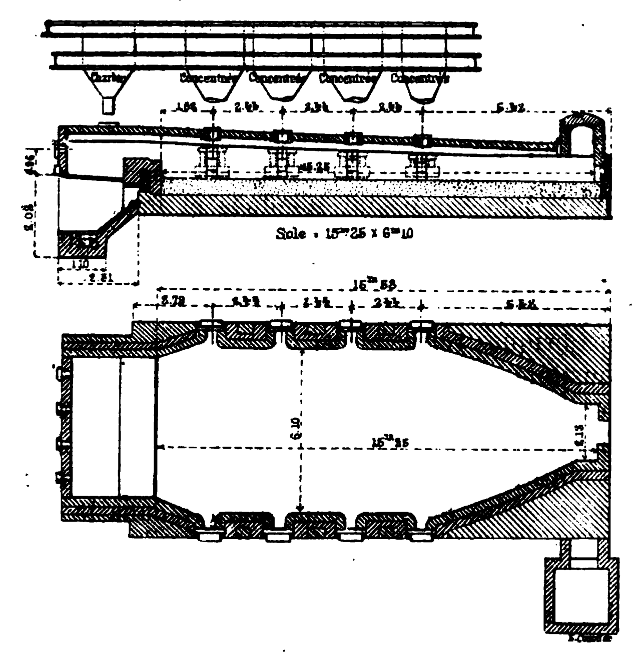
Les appareils modernes atteignent des tonnages de 105 t, et même quelquefois de 150 t, en 24 heures; le tonnage moyen est de 14 kg par décimètre carré de surface de sole. Les dimensions

des soles vont jusqu'à 6,10 m × 15,25 m, comme c'est le cas à la fonderie d'Anaconda *(fig. 6)*. Outre l'économie de main-d'œuve qui en résulte, ces grands fours présentent de nombreux avantages; les côtés sont moins rapidement rongés par la scorie, car pour une même charge, une surface moindre se trouve exposée à cette scorie; de plus, le niveau de la matte demeure plus constant, et, la couche de scorie étant moins épaisse, la charge est

Fig. 6

COMPAGNIE DE WASHOE A ANAÇONDA (MONTANA).

FOUR A REVERBÈRE DE 135 TONNES



plus vite chauffée; il y a aussi moins de variations de température, ce qui prolonge la durée des briques de construction de l'appareil.

La proportion du combustible au minerai est de 1 de combustible pour 3 à 4 de minerai. On emploie du charbon bitumineux, dont les cendres sont entraînées par un courant d'eau. Dans certaines usines, la combustion est activée par un courant d'air forcé, mais il en résulte une usure plus rapide des grilles, ce qui oblige à changer fréquemment les barreaux; on préfère alors agrandir la surface de grille, tout en augmentant la hauteur de la cheminée et en supprimant les coudes brusques dans le car-

neau de fumée. Quelques fonderies remplacent les foyers par des générateurs à gaz. A Great Falls, on emploie des fours à réverbère de 13 m × 4,80 m, et qui sont chauffés par des gazogènes à récupération du type Evans-Klepetko. La capacité des fours se trouve ainsi de 150 t, ce qui correspond à 23 kg par décimètre carré de surface de sole.

Le vent chaud est employé avec succès dans la plupart des usines; dans ce but, on utilise la chaleur perdue par les gaz qui s'échappent du four et par le rayonnement du foyer. L'air passe autour du carneau de fumée, et se rend dans un conduit situé sous le foyer; on obtient ainsi une température voisine de 100 degrés centigrades; il en résulte parfois un inconvénient pour le tirage, qui se trouve affaibli, à moins qu'il ne soit très puissant.

Les soles des fours à réverbère sont faites généralement en grès pulvérisé; leur épaisseur est de 0,50 m. Ces soles se font en plusieurs couches, qui sont étendues et fondues successivement, et que l'on achève de cimenter avec de la scorie de convertisseur. Elles ont l'inconvénient d'absorber facilement les métaux ; aussi quelques métallurgistes préfèrent employer simplement des briques réfractaires.

Le combustible et le minerai sont amenés aux trémies de chargement par des wagonets circulant sur des rails placés au-dessus des fours; la partie voisine du foyer étant la plus chaude, on répartit ainsi la charge dans les différentes trémies : près de l'autel, on verse les 35/100 de la charge; dans la trémie suivante, 30/100; puis, 20/100; enfin, la dernière trémie reçoit 15/100.

La scorie est granulée dans l'eau, comme pour les water-jackets.

Quant à la matte, elle est coulée de temps en temps dans de vastes poches, qui sont manœuvrées par une grue électrique, et qui la versent dans les convertisseurs. A Great Falls, les réverbères de refonte de la matte sont montés sur un axe qui leur permet un mouvement d'oscillation, afin de verser directement la matte dans une poche.

On a essayé souvent d'utiliser le rayonnement du four en plaçant latéralement un réservoir où l'eau absorbe la chaleur avant d'être envoyée aux chaudières à vapeur.

Convertisseurs.

La question des convertisseurs a été laissée de côté dans ce mémoire ainsi que la fusion pyritique ,ces deux sujets ayant été traités par M. Jannettaz dans ses communications magistrales à la Société des Ingénieurs Civils de France. Au sujet des convertisseurs on doit faire remarquer que ces appareils sont employés presque universellement aux États-Unis. Il n'y a guère que quelques usines de la côte de l'Atlantique, dont les installations sont déjà anciennes, qui emploient encore l'affinage de la matte au réverbère. De plus, le convertisseur vertical du type Stallmann ou Parrot tend actuellement à disparaître, même dans le Montana, où il s'est le plus développé. Le convertisseur horizontal, ou de Bisbee, qui n'est autre que le convertisseur horizontal David-Manhès agrandi, se généralise de plus en plus.

Raffinage du cuivre.

Le raffinage du cuivre se fait, soit par électrolyse, soit par fusion au four à réverbère.

Le procédé électrolytique ne s'est développé aux États-Unis que dans les vingt dernières années du siècle précédent; en 1880, il n'existait qu'une petite usine d'électrolyse à Phoenixville (Pensylvanie) ; son exemple fut bientôt suivi par les ateliers de Newark (New-Jersey) et ceux de Baltimore. Ce mode de raffinage se développa ensuite considérablement dans le Montana. Enfin, tout récemment, il fut introduit dans l'état de Michigan pour le traitement direct des concentrés qui étaient préalablement fondus en anodes. En 1902, la production de cuivre électrolytique aux États-Unis était de 256 551 tonnes métriques, soit plus de 86 0/0 de la production de cuivre électrolytique du monde entier, et 87,6 0/0 de la production totale du cuivre dans la république Nord-Américaine; sur les 36 404 t restant, 4 152 étaient produites à l'état de sulfate de cuivre et 32 252 étaient raffinées au four à réverbère.

L'étude du procédé électrolytique exige trop de développements pour pouvoir trouver place dans cette étude. Nous nous contenterons de donner ici quelques détails sur le raffinage au four à réverbère qui a sa principale application dans le traitement direct du cuivre du Lac Supérieur et qui est aussi en

usage dans quelques établissements métallurgiques notamment dans l'Est.

Les fours employés sont de petite dimension comparés aux grands fours à matte dont il a été question précédemment. Des fours analogues servent également à refondre les cathodes de cuivre électrolytique pour les mouler en barres, ou même, comme dans le Montana, à leur faire subir un dernier raffinage avant de les couler.

Le raffinage au réverbère, bien que de très ancienne origine, est resté longtemps sans faire aucun progrès. Des perfectionnements récents permirent de réaliser une manipulation plus simple et plus rapide du cuivre produit, mais le traitement en lui-même a subi peu de modifications.

Le cuivre noir ou impur, une fois fondu dans les fours d'affinage, y est soumis à une oxydation intense avec formation de scorie ; on active l'oxydation en remuant et brassant la masse en fusion afin de lui donner un plus grand contact avec l'air. Ce travail se fait généralement à la main, ce qui peut sembler étrange à une époque où les manipulations des convertisseurs sont entièrement mécaniques; cependant, à Anaconda, on produit ce mouvement de la masse au moyen d'une soufflerie à air comprimé. Quand la scorie est écumée, on opère la réduction du cuivre, en couvrant de charbon de bois la surface du bain et on pratique l'opération bien connue du perchage.

La surface de sole des fours employés n'atteint pas 18 m^2; avec de plus grandes dimensions, on aurait dans le four une trop grande quantité de cuivre raffiné ; il faudrait alors beaucoup de temps pour le verser dans les moules, ce qui nuirait à la qualité du produit. Autrefois, on versait le cuivre raffiné au moyen de cuillers; depuis quelques années, on a cherché à éviter cette opération dangereuse et dispendieuse. On eut recours à Anaconda à des reverbères oscillants qui permettaient de verser rapidement le cuivre pur dans les moules ; mais ces fours exigent une machinerie importante et on leur préfère les fours fixes munis d'appareils mécaniques permettant de couler commodément le cuivre. C'est aux ateliers de Baltimore que se firent les premiers essais de ces appareils ; d'abord Peirce fit écouler le cuivre dans des poches suspendues à une grue manœuvrée à la main dans des moules en cuivre qui étaient amenés mécaniquement. Puis Walker inventa un procédé entièrement mécanique adopté actuellement dans la plupart des raffineries ; les moules sont

placés sur un châssis circulaire mû hydrauliquement ; le métal y est versé par une poche dont le mouvement de bascule est commandé mécaniquement ; le cuivre du four est versé directement dans ces poches.

Par ce raffinage au four à reverbère, on peut éliminer entièrement le soufre, le fer et le plomb ; mais le zinc, le bismuth, l'arsenic et l'antimoine ne sont chassés qu'imparfaitement. Le cuivre contenant ces impuretés ne peut donc être employé pour l'électricité à moins qu'il n'ait prélablement subi le traitement électrolytique.

ÉTUDE DES PRINCIPAUX ÉTATS

Michigan.

Le gisement exploité dans le Michigan est formé par une série de couches situées entre le Huronien et le Cambrien, et que viennent recouper des filons de quartz. Ce groupe stratifié se compose d'une suite de sédiments détritiques, nappes éruptives, conglomérats, porphyres quartzifères et granits; le cuivre s'y rencontre uniquement à l'état natif; sa gangue est formée de quartz, calcite et épidotite ; on le trouve à la fois dans les filons et dans les couches.

Les filons ont été travaillés les premiers. On y recherchait le cuivre qui s'y présentait en boules assez importantes, comme à Ontonagon et Kewenaw, mais l'irrégularité de la production et la grande profondeur atteinte par les prospections rendirent le travail très onéreux et les recherches se portèrent principalement du côté des couches stratifiées.

Les couches métallifères sont de deux sortes ; elles sont constituées soit par des conglomérats, soit par d'anciennes laves y formant comme des amandes dans une pâte, d'où le nom d'amygdaloïdes. Leur inclinaison est de 37° 1/2. Les conglomérats sont formés de cailloux porphyriques, dont la grosseur va en diminuant à mesure qu'on se rapproche du centre de la couche ; au mur, on rencontre le poudingue. Le cuivre remplace le ciment et quelquefois les cailloux eux-mêmes ; il existe à l'état très fin et le plus souvent en feuilles. Quant aux couches amygdaloïdes ou ash-beds, elles tiennent en dépôts dans leurs amygdales différents minerais associés à du cuivre en proportion

variable. Les différentes couches changent constamment de direction et d'épaisseur, et chacune, ainsi que les roches environnantes, est plus ou moins métamorphisée. La teneur en cuivre y est extrêmement variable. On suppose que, dans la formation du gisement, le cuivre a dû remplacer l'épidotite et la chlorite. Les eaux descendantes chargés de sels de cuivre se sont parfois attaquées aux roches éruptives elles-mêmes.

Filons. — Les anciennes mines d'Ontonagon et de Kewenaw laissèrent la place à celles de Cliff et de Minnesota où furent faits les premiers essais au four à reverbère. Les travaux de surface donnèrent pendant longtemps une bonne production. Mais l'exploitation en profondeur où le cuivre se présente très irrégulièrement occasionna ensuite des frais considérables. Actuellement, « The Phoenix Mine » et principalement « The Central Mining Company » sont les seules Compagnies productrices de cette partie du gisement.

Couches de Conglomérats. — Ces dernières sont en pleine production malgré la profondeur qu'elles atteignent. Après avoir été rejetées au débuts comme stériles, elles donnèrent lieu ensuite à une grande exploitation. La mine Calumet et Hecla fournit à elle seule jusqu'en 1881 plus de la moitié de production de l'État. Ces conglomérats sont situés dans la presqu'île de Kewenaw ; on y rencontre principalement les Compagnies de : Calumet et Hecla, Osceola, Tamarack, Tamarack Junior. La mine de Tamarack est actuellement la plus profonde du monde entier. Les derniers puits foncés dans ces dernières annés dépassent 1 500 mètres.

Couches Amygdaloïdes. — Dans cette partie du gisement, le cuivre atteint parfois d'assez fortes dimensions, comme à la mine de Quincy ; l'exploitation est faite maintenant par de nombreuses Compagnies dont les principales sont : Copper Falls, Atlantic, Quincy, Franklin, Great Portage, Albany and Boston, Isle Royale, Huron, Kearsage et Wolverin.

La hausse du cuivre en 1899 donna lieu à la réouverture d'anciennes mines et à la création de nouvelles Compagnies. C'est ainsi que se formèrent : « The Onondaga Copper Company », « The Arcadian Copper Company », « The Victoria Mining Company » (Ontonagon), « The Michigan Copper Company » (ancienne Minnesota), « The Rhode Island Company », « The Mass Consolidated », etc.

Le traitement comporte presque généralement le bocardage, le cuivre ne se présentant que rarement en grandes masses. Puis le minerai est concentré et passé au four à réverbère dont les scories sont refondues au four à cuve.

Primitivement la présence de gros blocs de cuivre fut une gêne pour le chargement du reverbère ; on dut même employer des voûtes amovibles. La richesse des scories dans ces fours, où l'on voulait raffiner les minerais de cuivre par un traitement analogue à celui de la fonte de fer, donna lieu souvent à des mécomptes. On alla même jusqu'à essayer d'améliorer le rendement en rajoutant du soufre pour faire une matte. La refonte des scories au four à cuve permit heureusement d'éviter les grandes pertes au reverbère.

« The Detroit and Lakes Superior Copper Company » à Hancock et Detroit, et « The Hussey and Company Works » à Cleveland, fondirent pendant longtemps tout le cuivre de l'État.

L'augmentation de production des mines dans les vingt dernières années fit naître de nouveaux établissements métallurgiques.

« The Calumet and Hecla Mining Company » agrandit considérablement ses ateliers de concentration et construisit une fonderie ; en 1901, elle construisit encore six nouveaux réverbères ; ses concentrés sont maintenant traités par électrolyse après une fusion préalable pour les couler en anodes. Les usines de la Compagnie sont à Lake Linden (Michigan) et à Buffalo (New-York).

« The Quincy Mining Company » traite ses minerais à Hancock. Le cuivre natif avec un peu de sa gangue rocheuse est fondu dans des petits réverbères de 4,90 m $\times$ 3,05 m, qui produisent le cuivre raffiné. Les scories sont refondues dans un water-jacket; quand leur teneur en cuivre dépasse 25 0/0, elles sont repassées au réverbère.

On a ajouté récemment un four de raffinage pouvant produire 18 t de cuivre par jour.

« The Lake Superior Smelting Company », à Hancock et Dollar Bay, fondit jusqu'en 1904 les minerais des autres Compagnies.

« The Michigan Smelting Company », formée par la réunion des Compagnies Wolverin, Champion, Trimoutain, Baltic, Mohawck et Atlantic, installa à Houghton une fonderie qui est en marche depuis l'année dernière (*fig.* 7). Elle comporte trois grands réverbères de 5,50 m $\times$ 15,25 m où s'opère une première fusion du minerai ; on ajoute à la charge un peu d'hématite pour com-

Fig. 7 - USINES DE THE MICHIGAN SMELTING C°, HOUGTHON (Michigan)

- **A** Cheminée de 37m30
- **B** Bascules
- **C** Réservoir d'eau
- **D** Broyage de la scorie

COMPAGNIES SYNDIQUÉES

Wolverin	Baltic
Champion	Mohawk
Trimountain	Atlantic

battre l'excès d'alumine contenu dans la roche cuprifère. Le produit de l'opération est raffiné finalement dans deux petits réverbères de 4,27 m × 7 m.

Les scories sont broyées par un concasseur Blake et refondues dans un water-jacket de 0,95 m × 3 m. On ajoute du calcaire aux charges de cette scorie.

Les minerais fondus dans les grands réverbères ont une teneur moyenne de 50 0/0 en cuivre. Ce fours ont une capacité de 100 t et qui peut aller jusqu'à 150 t.

L'usine peut produire près de 60 000 t de cuivre par an.

Le cuivre produit dans la région du Lac Supérieur est remarquable par sa pureté ; il est presque totalement exempt d'antimoine et a la propriété d'être éminemment conducteur de l'électricité. Ses qualités exceptionnelles le classent même au-dessus du cuivre électrolytique.

Arizona.

Les gisements de l'Arizona se trouvent au milieu de sédiments calcaires de l'époque carbonifère, que des coulées porphyriques sont venues ultérieurement recouvrir en certains endroits. Ces sédiments présentent une série de cassures en général remplies par des masses de roches feldspathiques et le minerai cuprifère se rencontre soit entre le feldspath et le sédiment primitif, soit dans le sédiment lui-même. Les roches feldspathiques contiennent parfois quelques pyrites de cuivre disséminées.

Dans le calcaire, la plus grande partie du minerai se trouve au voisinage des rhyolites. Généralement les filons y contiennent des minerais oxydés ou carbonatés, jusqu'à une grande profondeur ; les sulfures qui s'y rencontrent ensuite sont d'abord partiellement oxydés, surtout quand ils sont en couche mince.

Dans les roches porphyriques, on arrive plus rapidement aux sulfures. La zône d'oxydation composée d'oxydes et de carbonates est recouverte par une couche de minerai de fer. La zône sulfurée comprend des pyrites, des chalcopyrites et plus bas du cuivre gris.

Jusqu'en 1895, l'état d'Arizona fut la principale source des minerais de cuivre oxydés des États-Unis et d'une telle pureté qu'on pouvait les traiter directement comme les minerais de fer au haut fourneau. A partir de cette époque, la découverte des sulfures en profondeur commença à amener une modification

dans le traitement; on produisit de la matte et on introduisit peu à peu la conversion. La production concomitante d'oxydes et de sulfures permit d'enrichir la matte et aussi d'éviter le plus souvent les frais d'un grillage total du minerai sulfuré. La production de l'Arizona a augmenté considérablement depuis 1898, et cet accroissement est dû à l'amélioration du traitement métallurgique depuis que les mines produisent des sulfures. En effet, les minerais oxydés, bien que donnant lieu à un traitement plus simple, occasionnaient des scories riches en cuivre et des frais de combustible beaucoup plus considérables.

Il y a en Arizona quatre districts principaux producteurs de cuivre : Clifton, Bisbee, Globe, Jerome. Les trois derniers font partie du même gîte minéral dirigé du nord-ouest au sud-est, et composé de filons parallèles sur une longueur de 12 km.

Jerome. — « The United Verde Mine » fut la première à produire des sulfures et des oxysulfures. Le minerai fut partiellement grillé en tas. On installa des water-jackets de 1,20 × 2 m, et de 1 × 3 m; ces water-jackets sont surmontés par des air-jackets où le vent se chauffe à 150 degrés centigrades. On installa aussi des convertisseurs horizontaux; la fonderie a une capacité totale voisine de 1000 t.

Bisbee. — La Compagnie la plus importante de ce district est « The Copper Queen Company ». Le minerai, généralement pauvre en métaux précieux, est situé dans le calcaire; à la surface, il contient de la calcite, et en profondeur la chaux est remplacée par de l'alumine. La masse des minerais oxydés fait place à des couches d'argile ferrugineuse englobant de la limonite cuprifère. Les sulfures inférieurs sont très riches en soufre.

Les fours primitifs de réduction des minerais oxydés furent remplacés par quatre water-jackets de 160 t, de 1,05 × 3 m. Le convertisseur Douglas, qui est un convertisseur David-Manhès agrandi, trouva son premier emploi à l'usine de Bisbee. Conformément à ce qui se fait depuis longtemps en France, à l'usine d'Eguilles, la matte, autrefois refondue au cubilot, est maintenant versée directement du water-jacket dans le convertisseur; le charbon employé vient du Colorado. L'usine de Bisbee produisait 18000 t de cuivre; elle a été transférée en 1904 à Douglas; cette nouvelle fonderie peut produire annuellement 35000 t de cuivre.

Dans le même district « The Calumet et Arizona Company » dont la fonderie est à Douglas, possède deux water-jackets de 300 t; elle en construit deux nouveaux, de manière à pouvoir produire 14 000 t annuellement.

Globe. — Actuellement « The United Globe Mining Company » et « The Old Dominion Company » sont les deux plus importantes Compagnies de la région. Elles furent les dernières à produire directement du cuivre sans convertisseurs les sulfures y étant plus rares que dans les autres districts. En 1898, la production subit un nouvel accroissement par suite de la prolongation du chemin de fer jusqu'à la ville de Globe. Mais l'acidité des minerais est très gênante dans les opérations métallurgiques. Les plus siliceux d'entre eux servent de garnissage aux convertisseurs. « The United Globe Mining Company » envoie la plus grande partie de ses minerais à la fonderie de El Paso (Texas).

Clifton. — Ce district présente une série de quartzites et de calcaires reposant sur le porphyre et que viennent recouper les roches éruptives. Le minerai se rencontre au contact des roches éruptives. C'est à Clifton que fut construite la première fonderie de l'Arizona pour traiter les minerais de Longfellow. On établit un four à réverbère d'où sortirent, en 1873, les premières barres de cuivre de l'Arizona. Actuellement « The Detroit Copper Company » et « The Arizona Company » sont les principaux centres de production du district.

« The Arizona Copper Company » installa d'abord un moulin de bocards avec des Jigs pour concentrer les carbonates pauvres à gangue siliceuse; les tailings étaient lixiviés par de l'acide sulfurique provenant du grillage des pyrites dans des kilns. Puis elle établit pour les sulfures pauvres un nouvel atelier de concentration avec des Frue Vanners mus par un moteur à gaz Crossley, le gaz étant fourni par l'anthracite du New Mexico. La Compagnie possède maintenant cinq water-jackets de 300 t de 1 × 6 m. Les mattes sont réduites dans cinq convertisseurs horizontaux de 7 t, munis de deux souffleries qui sont mues, l'une par un moteur à vapeur, l'autre par un moteur à gaz. En 1898, J. Colquoun fit breveter un procédé consistant à faire couler la matte et la scorie du four ainsi que la scorie du convertisseur dans un four à réverbère où la matte subissait un enrichissement avant d'être coulée dans le convertisseur. Ce procédé

est encore actuellement en usage. Cette usine produit annuellement de 14 000 à 15 000 t de cuivre.

« The Detroit Copper Cy » a sa fonderie à Morenci. Elle employa d'abord des water-jackets de 1 × 3 m et des convertisseurs horizontaux. Elle installe actuellement des grands fours de 6,50 × 1 m. La force nécessaire à la machinerie est fournie en partie par la San Francisco River qui fait mouvoir une turbine, et en partie par des moteurs à gaz.

En dehors de ces principaux centres métallurgiques, il y eut d'autres Compagnies de moindre importance dont la plupart ont dû s'arrêter par suite du manque de minerai, de son infusibilité ou même du manque de moyens de communication. La hausse du cuivre en 1898 fut cause de nouvelles prospections dans tout l'État. Elles furent poussées avec succès dans les « Dragoon Mountains » district de Cochise, dans les « Whitstone Mountains » et dans les environs de Tucson. Dans le district de Yuma, on découvrit des dépôts importants de malachite entre des couches d'hématite et de calcaire.

On éleva des fours à Williams, district de Coconino, pour traiter les minerais du Grand Canon et à Prescott pour les minerais de « The Blue Dick Mine ». « The Calumet et Arizona Company » et « The Shannon Company », construisirent des fonderies à Douglas et à Clifton.

« The Black Warrior Company » traite actuellement ses minerais très siliceux au moyen d'une lixiviation par l'acide sulfurique qu'elle fabrique elle-même.

« The Val Verde Copper Cy », à Val Verde, comté de Yavapaï, pratique la fusion pyritique avec vent chaud; elle produit une matte riche en métaux précieux.

Enfin si nous franchissons la frontière mexicaine, nous trouvons dans la province de Sonora un prolongement du gisement de Bisbee, qui est exploité depuis quelques années par la Compagnie américaine de Cananea. Parlant incidemment du Mexique, il est impossible de ne pas citer ici la Compagnie française du Boléo, en basse Californie, dont la production annuelle atteint actuellement 11 000 t de cuivre. Ce gisement, de formation sédimentaire, est constitué par des couches cuprifères superposées, séparées par des tufs et des conglomérats. La diversité des minerais dont la gangue est tantôt argileuse et tantôt ferrugineuse, permet leur traitement au water-jacket sans l'addition d'aucun fondant; la proportion variable entre les oxydes et les sulfures

dans les minerais permet aussi d'obtenir directement du cuivre noir dans les fours. Les scories sont très siliceuses. La fonderie comprend 8 water-jackets de 160 t à creuset intérieur qui produisent de la matte à 60 0/0 en cuivre et du cuivre noir à 93 0/0; leur section aux tuyères est : 0,90 m × 3 m. Ces produits sont expédiés en France pour y être affinés et raffinés.

Citons aussi dans le sud de la province de Sonora, une autre Compagnie française, « The Quintera Mining Company, Limited » dont les minerais de cuivre argentifère, après concentration, étaient autrefois traités par la fusion plombeuse ; actuellement, leur teneur en plomb étant devenue insuffisante pour permettre ce procédé, le traitement a dû être modifié. Les minerais sont actuellement fondus dans un water-jacket à matte ; tout l'argent passe ainsi dans la matte produite.

Montana.

La région minière de Butte qui fournit presque tout le cuivre de cet Etat, consiste en une sorte de grande vallée de formation granitique, bordée par des montagnes de granit et de rhyolite et drainée par le « Silver Bow Creek ». Ce torrent et son principal affluent limitent entre eux un espace de 1 000 ha qui comprend le gisement tout entier. Au centre est la butte d'où la ville tire son nom.

Les plus anciennes roches sont granitiques. Les plus récentes sont des porphyres quartzifères et des rhyolites. Les granites forment l'est et le sud-ouest de la région y compris l'emplacement de la ville de Butte. Au nord-ouest, on trouve la rhyolite. Quant aux porphyres quartzifères, ils forment des filons étroits traversant le granite.

On rencontre deux sortes de granites : l'un, très acide, ou granit de Bluebird; l'autre, noir, peu acide, passant à la diorite.

Cet ensemble est caractérisé par une double série de fractures. Les veines primitivement remplies de quartz pyriteux se rouvrirent dans une période d'activité volcanique et les eaux alcalines venues des régions inférieures y déposèrent du cuivre et de l'arsenic par réaction avec la pyrite primitive. Les pyrites ont en effet la propriété de réduire et précipiter les sels métalliques des solutions chaudes. C'est ainsi que s'est formé le cuivre gris qui constitue le principal minerai en profondeur, tandis que l'arsenic est totalement absent des pyrites supérieures. Les mine-

rais de Butte ont ainsi subi un enrichissement postérieur à leur formation.

Les filons quartzeux métallifères sont presque verticaux et généralement orientés de l'est à l'ouest ; ils présentent une assez grande régularité. Les minerais oxydés qu'on rencontrait d'abord étaient très argentifères et n'avaient qu'une basse teneur en cuivre. Les sulfures sont plus riches en cuivre, bien que parfois la chalcosine laisse la place à la pyrite et à la chalcopyrite. C'est à l'est de Butte, dans la diorite, qu'on trouve les filons les plus minéralisés ; les sulfures y sont représentés par la bornite, la chalcosine, des sulfures de plomb, d'argent, de fer et de zinc, associés à du silicate de manganèse, lequel est remplacé en profondeur par de la pyrolusite. Dans le granite acide de Blue-bird, les filons produisent du minerai cuprifère à faible teneur.

La production en cuivre du Montana ne date que de 1880. Douze ans plus tard elle dépassait celle du Michigan, et depuis cette époque, sa marche ascendante l'a constamment placée au premier rang parmi les autres états producteurs de la République Nord-Américaine.

La découverte de la mine d'Anaconda en 1883 fut la principale cause du prodigieux développement de la contrée. La présence de l'argent dans le minerai suffit amplement à compenser l'augmentation de dépense entraînée par la grande profondeur atteinte actuellement.

L'état de Montana a contribué puissamment aux progrès de la métallurgie du cuivre en Amérique. Pendant longtemps le four à réverbère fut uniquement employé pour fondre la matte. Actuellement il est encore préféré dans la plupart des fonderies, quand il s'agit de la fusion des concentrés.

Le grillage des sulfures a été l'objet de perfectionnements nombreux par suite de l'emploi exclusif de fours mécaniques (Allen, O'Harra, Wethey, Brückner, Pearce Turret, Mac-Dougall, Herreshoff, Evans-Kleptko).

En 1883, le procédé David-Manhès fit ses débuts en Amérique à l'usine de Parrot où il fonctionna sous la surveillance des ouvriers français qui l'avaient installé ; les appareils primitifs furent ensuite considérablement agrandis, tout en conservant la même forme. Enfin, c'est à Toston et à Boulder que se firent les premiers essais de fusion pyritique, d'après le nouveau procédé d'Austin.

Les premiers fours à réverbère furent construits à Butte. Peu après, en 1886, « The Boston et Montana Company » élevait à

Great Falls, sur le Missouri, une usine de traitement complet des minerais. La concentration s'y faisait au moyen de jigs et de frue vanners; le minerai était calciné au four Brückner et fondu au réverbère. La matte était affinée au convertisseur et on soumettait le cuivre noir à l'électrolyse; on disposait d'une force d'eau de 12000 ch. A la même époque, des usines analogues s'élevaient à Anaconda pour « The Anaconda Copper Mining Company », à Butte pour « The Butte et Boston Company », « The Colorado Smelting et Refining Company », « The Butte Reduction Works » et « The Montana Ore Purchasing Company ». Ultérieurement, « The Washoe et Gold Hill Company » construisit une fonderie de 1500 t à Anaconda et « The Parrot Silver and Copper Company » installa de nouveaux établissements à Butte.

La création de l'Amalgamated causa un développement nouveau de l'industrie métallurgique du Montana. De grands travaux d'aménagement furent faits dans les mines et les usines furent considérablement agrandies. L'Amalgamated effectue ses opérations métallurgiques dans quatre fonderies qui sont celles des Compagnies de : Anaconda (Washoe) à Anaconda, Boston et Montana à Great Falls, Butte et Boston à Butte, Colorado à Butte. Leur capacité totale est de 9500 t de minerai par jour. (Les anciens ateliers de « The Anaconda Copper Mining Company » à Anaconda ne comprennent plus que l'électrolyse. Ceux de la Compagnie de Parrot sont fermés).

Le traitement généralement employé dans ces usines est le suivant :

Les minerais à haute teneur, ou minerais de 1re classe (10 à 15 0/0 en cuivre), sont fondus directement au water-jacket sans grillage préalable. Les minerais de 2e classe (3 à 6 0/0) sont concentrés, grillés au four mécanique et versés encore chauds dans le four à réverbère pour y subir la fusion pour matte.

Les water-jackets sont munis de grands avant-creusets circulaires de 4,30 m de diamètre et de 1,40 m de haut.

Voici trois exemples de charges :

Minerai cru de 1re classe	22,4	52,5	15,0
Concentrés gros crus	20,5	—	25,0
Matte	4,0	8,9	22,5 (Matte + Scorie)
Scorie de convertisseur	17,8	8,9	
Briquettes des poussières des fumées	4,0	—	0,2
Calcite	22,8	25,6	27,6
Coke	8,5	10,7	9,2

On cherche à faire une matte à 50 0/0 pour le convertisseur ; si la teneur obtenue est trop basse, on coule la matte dans un réverbère pour qu'elle s'y concentre par une nouvelle fusion. La matte est ensuite portée au convertisseur par une poche et une grue électrique.

Dans les nouvelles usines, le convertisseur Stallmann et le convertisseur Parrot sont remplacés par le convertisseur horizontal dit de Bisbee (1,24 m de diamètre, 3,80 m de long).

La nouvelle fonderie de Washoe à Anaconda, a une capacité de 4 500 t de minerai par jour. L'atelier de concentration comprend des concasseurs Blake et des batteries de bocards avec des jigs et des tables de Wilfley. Il y a :

48 fours de grillage Mac-Dougall de 1,50 m × 4,50 m ;
5 water-jackets de 1,40 m × 4,50 m ;
14 réverbères de 15,25 m × 6,10 m (de 105 à 150 t) ;
8 convertisseurs horizontaux de 3,80 m × 2,45 m.

Les fumées sont réunies dans une cheminée de 91,50 m de haut. Cette usine peut produire actuellement 57.000 t de cuivre. Le cuivre est raffiné aux anciens ateliers d'Anaconda et à Baltimore.

Les ateliers de Great Falls comprennent :

2 sécheurs Brückner ;
18 fours de grillage Evans-Kleptko ;
5 réverbères à matte de 13 m × 4,80 m ou de 8,85 m × 3,60 m ;
5 water-jackets de 5,50 m de hauteur depuis les tuyères jusqu'au plancher de chargement ;
4 d'entre eux ont pour section : 1,40 m × 4,50 ;
Le 5e a pour section : 1,35 m × 4,50 m ;
12 convertisseurs verticaux de 5 t, de 2,15 m × 4,45 m ;
1 réverbère de fonte d'anodes avec un appareil Walker ;
1 raffinerie comprenant 312 cuves d'électrolyse ;
4 fours à raffinage du cuivre.

Cette usine produit annuellement 25 000 t de cuivre.

L'usine de la Compagnie de Butte et Boston, à Butte, se compose de :

8 fours de grillage Allen-O'Harra, de 27,50 m × 2,75 m ;
4 réverbères à matte de 15,25 m × 6,10 m ;
1 water-jacket de 2,40 m × 1,10 m ;
3 convertisseurs horizontaux de 3,20 m × 2,15 m.

Cette usine produit, par an, 10 500 t de cuivre.

L'usine de la Compagnie de Colorado, à Butte, comprend :

10 fours de grillage;

3 réverbères à matte de 14,35 m × 6,10 m.

Elle produit 3 500 t de cuivre par an.

En dehors de l'Amalgamated, les établissements métallurgiques importants sont : « The Boston Reduction Works » et « The United Verde Smelter » qui traitent les minerais de la Société « W. A. Clark ». « The Pittsburg et Montana Copper Company » à Meaderville. « The Montana ore purchasing Company » s'est récemment consolidée avec d'autres Compagnies adjacentes formant : « The United Copper Company » qui traite ses propres minerais et ceux qu'elle achète aux environs.

« The Butte Reduction Works » comprennent :

4 fours de grillage Wethey;

2 water-jackets de 2,80 m × 1,05 m;

3 reverbères, l'un de 13,75 m × 4,80 m, les deux autres de 15,25 m × 6,10 m.

La production annuelle est de 8 300 tonnes de cuivre

Les ateliers de « The Montana ore purchasing Company » possèdent :

70 fours de grillage Herreshoff;

6 réverbères à matte;

4 water-jackets de 1,05 m × 4 m;

2 convertisseurs horizontaux de 3,20 m × 2,15;

8 convertisseurs verticaux de 1,50 m de diamètre.

Ils produisent annuellement 13 800 t de cuivre.

Minerais fondus dans le Montana.

Cu . .	11,4	15,7	11,2	6,0	7,0	12,7	5,2	8,7	9,5	10,0	8,0	6,0	9,0
Fe . .	16,6	22,0	23,5	6,7	24,0	18,4	16,0	27,0	18,0	30,0	13,2	18,6	1,4
Zn . .	0,3	0,5	traces	traces	12,0	»	»	»	»	»	»	»	»
S. . .	22,6	29,4	30,9	9,4	32,0	24,8	19,8	34,7	22,5	36,5	18,0	23,0	34,0
As, Sb.	1,4	0,9	0,6	0,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Al^2O^3.	7,9	3,0	6,6	20,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Insolubles	44,7	30,3	27,3	71,5	23,0	40,0	56,0	25,4	47,5	23,0	54,0	45,0	28,0
SiO^2. .	38,2	26,5	23,8	53,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ag(Oz)	5,2	5,5	4,4	3,1	14,0	7,6	3,0	5,6	»	»	6,5	»	»
Au(Oz)	0,014	0,02	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Composition des produits des fours du Montana.

Scories	SiO^2	47,7	44,3	40,7	48,0	40,0	42,6
	(Fe, Mn)O	18,5	27,0	26,2	17,0	23,0	30,7
	(Ca, Mg) O	28,2	23,0	19,4	20,0	22,6	19,5
	Al^2O^3	»	9,0	9,6	6,0	9,8	»
	Cu	0,35	0,32	0,25	0,30	0,30	0,25
	Ag (Oz)	0,43	0,30	»	»	0,20	»
	Poids spécifique	»	»	»	3 à 3,55	»	3,3
Mattes	Cu	50 »	46 »	49 »	38 »	42 »	42,12
	Zn	»	»	1 »	»	»	»
	Ag (Oz)	69 »	52 »	20 »	»	»	»
	Au ($)	2 »	2 »	10 »	»	»	»
	Poids spécifique	»	»	5 à 5,1	»	»	4,8

Californie.

Cet état qui commence à compter parmi les importants fournisseurs de cuivre de la République Nord-Américaine a vu sa production arrêtée dès les débuts par des difficultés provenant du manque de communications et de combustible et du prix élevé de la main-d'œuvre. En 1897, la découverte de nouvelles mines et l'érection de nouvelles fonderies donna lieu à une reprise de la production qui a été presque continuellement en augmentant jusqu'à ce jour.

Les principales mines sont situées dans le district de Shasta entre San Francisco et Portland. Le gisement qui prend naissance dans les « Iron Mountains » est formé par des sulfures de cuivre contenus dans des roches feldspathiques; les minerais y sont à basse teneur.

La plus importante usine métallurgique de la région est celle de « The Mountain Copper Company » à Keskwick, où après des essais infructueux de fusion pyritique, on pratique maintenant la fusion réductrice précédée d'un grillage en tas ou en kilns. La fonderie comporte cinq fours à cuve donnant une capacité totale de 600 t. Elle produit une matte de 40 à 45 0/0 en cuivre qui est passée au convertisseur. L'usine possède trois convertisseurs et tout récemment elle s'est adjoint une usine à acide sulfurique pour récupérer le soufre perdu dans le grillage.

Les charges fondues sont les suivantes :

Minerai grillé.	600 kg	
Sulfures crus.	185	
Calcaire	42	
Quartz.	185	
	1 012	= 1 t américaine.
Coke (7,7 0/0). . . .	78	

« The Bully Hill Smelting et Refining Company » installa une fonderie de 175 t dans la même région; elle se consolida ultérieurement avec « The Mount Shasta Gold Mines Corporation », syndicat minier englobant des gisements de pyrites, chalcopyrites, bornites et carbonates. Le minerai est fondu aux ateliers de « The Bully Company » et raffiné aux « De La Mar Copper Refining Works » à Carteret, dans le New-Jersey. Enfin « The Shasta King Mine » établit une fonderie à Kennet.

En dehors du district de Shasta, d'autres établissements métallurgiques de moindre importance se sont formés dernièrement. Dans le district de San Bernardino, on trouve une petite fonderie d'une capacité de 40 t; à Needles, « The Needles Smelting Company » possède un four à cuve de 0,90 m × 2,40 m. « The Shelby Works » de Port Costa, peuvent fondre 100 t de minerai. Le district de Fresno possède la fonderie de « The Copper King Company Limited ».

Colorado.

Le cuivre de cet état fut d'abord fourni presque uniquement par les sous-produits des fours à plomb. Les mines s'étant modifiées en profondeur où le plomb argentifère laissait la place au cuivre, les usines métallurgiques durent aussi modifier leurs appareils. « The Arkansas Valley Smelting Company » de Leadville, se contenta d'abord de remplir de brasque les creusets des fours à plomb en leur adjoignant des avant-creusets. Puis la découverte des minerais pyriteux dans la région de San Juan et de Leadville fut cause d'essais de fusion pyritique, qui furent ensuite abandonnés pour la plupart. « The Bi-Metallic Smelting Company » à Leadville, « The Summit Mining et Smelting Company » à Kokomo, les fonderies de Silverton, de Buena Vista, eurent recours à ce mode de fusion, mais peu à peu, augmen-

tèrent la proportion de coke dans leurs charges. A Salida, dans le district de Chaffee, deux fours pyritiques sont encore en marche.

Récemment, de nouvelles mines furent découvertes dans le district de Larima et dans le « Red Gorge Cañon ». De nouvelles fonderies s'installèrent à Florence, à Golden. A Denver, les anciens ateliers d'Argo, plusieurs fois remaniés, possèdent maintenant de grand fours à réverbère pour fondre les minerais de « Gilpin Couty ». « The Omaha et Grant Smelting et Refining Company» traite les minerais de la région.

A Leadville, «The Bi-Metallic Company» pratique le traitement des sufures au moyen de trois fours à cuve de 0,90 m × 4,05 m ; 0,90 m × 4,40 m ; 0,90 m × 5 35 m. Les deux plus petits font une matte pauvre qui est ensuite concentrée dans le grand four. Cette double opération est nécessitée par la basse teneur en cuivre du minerai dont la valeur est heureusement augmentée par la présence des métaux spéciaux.

La charge de fusion est la suivante :

Sulfures	1 196 kg
Calcaires	115
Briquettes de poussières des fumées . .	138
Scories	690
Coke humide (12,5 0/0) . . . . (sec : 10 0/0)	149
	2 288 kg

La charge de concentration est :

Matte	460 kg
Minerai siliceux	276
Calcaire	46
Coke humide . . . . (sec : 16 0/0)	57,5
	839,5 kg

Utah.

La production de cet état date en réalité de 1895. Auparavant elle avait subi bien des alternatives sans jamais dépasser le chiffre de 1 000 t. Actuellement elle atteint 19 000 t. Le minerai était autrefois principalement argentifère et aurifère, sa teneur en cuivre étant négligeable. La découverte des pyrites de cuivre de « Bingham Conan », des « La Sal Mountains », et du district de

San Jüan, fut le point de départ de la production cuprifère. La première fonderie date de 1897 ; c'est « The Germania Smelting Company », à Salt Lake City, qui fond et raffine ses propres minerais et raffine les mattes d'autres fonderies. Peu après, « The Highland Boy Company » éleva des fours à réverbère à Salt Lake City pour fondre les minerais de « Bingham Canon ». Cette Compagnie fut achetée ultérieurement par « The Utah Consolidated Gold Mines Limited », qui agrandit les ateliers déjà existants. Actuellement, la fonderie comprend des fours de grillage, des réverbères à matte ayant une capacité totale de 650 t et des convertisseurs.

Successivement se formèrent les usines de fusion de « La Sal », de «Pensylvania » et de Hanauer ». « The United States Mining Company » traite les minerais par la fusion pyritique. Elle possède trois fours à cuve formant une fonderie de 850 t à Tintic. La matte est refondue au four à cuve pour la concentrer avant son passage au convertisseur.

« The Bingham Consolidated Copper et Gold Mining Company » dont les anciennes mines de plomb argentifère fournissent actuellement du cuivre, fond et raffine ses minerais et achète ceux des environs. La fonderie a une capacité de 500 t. « The Tintic Mining et Smélting Development Company » construisit tout récemment une fonderie de 250 t près de Bingham.

Autres États.

Vermont. — Dès 1829, on trouvait à Strafford des fours de traitement de la pyrrhotine. Les petits fours à cuve de « The Ely Company » à Verchère donnèrent du cuivre pendant quelques années. La mine d'Ely réouverte récemment et celles de Copperfield et d'Elizabeth firent renaître la production. Actuellement, « The Ely Company» de Verchère, « The Elizabeth Mining Company» de Sout Strafford, et « Thé Copperfield Mining Company» traitent elles-mêmes leurs minerais pour matte.

South Dakota. — Récemment, en 1897, une prospection importante fut faite dans les « Black Hills » ; on y découvrit des minerais à basse teneur en cuivre et des pyrites argentifères et aurifères dépourvues de cuivre. Ces minerais sont contenus dans la Hornblende. Les fonderies de Rapid City et de Deadwood et Delaware emploient la fusion pyritique.

Idaho. — « The Seven Devils Mining Company ouvrit en 1896 la mine de Seven Devils et construisit des water-jackets. Dans le même district, « The New York et Idaho Smelting Company » acquit les mines de Peacock, Helena et White Monument et installa également une fonderie. En 1900, le chemin de fer atteignit cette région minière et ranima son activité qui s'était considérablement ralentie. Il se forma de nouvelles Compagnies métallurgiques : « The Boston et Seven Devils Copper Company » à Mineral, « The White Knob Copper Company » à Mackey.

New-Mexico. — La mine de Santa-Fé, après avoir été productrice pendant quelques années, fut fermée en 1892. « The Santa-Fé Gold and Copper Company » la reprit en 1899 et éleva une fonderie. « The Santa-Rita Mining Company » traite les minerais de la mine de Santa-Rita.

Récemment se sont construits les ateliers de fusion de « The Jura Trias Company », dans le district de Berhardillo, « The Rio Hondo Company » et « The Fraser Mountain Copper Company ». A Silver City, on traite les minerais par la fusion pyritique. La baisse du cuivre, en 1902, diminua beaucoup la production de cet État.

Tennessee. — Les anciennes mines pyriteuses de Ducktown, réouvertes en 1893, sont actuellement en pleine production. « The Ducktown, Sulphur, Copper and Iron Company » traite ces minerais par la fusion pyritique, et soumet la matte à une concentration ultérieure au four à cuve avant de la passer au convertisseur. Récemment elle rouvrit d'autres mines à l'est du Tennessee.

En 1899, « The Tennessee Copper Company » se forma sous le contrôle de l'Amalgamated; elle acquit les mines de Burra-Burra et de London. Ses ateliers de traitement à Copperhill comprennent une concentration et trois water-jackets à matte. Quatre water-jackets, de 1,40 m $\times$ 6,75 m, sont en construction. On emploie également la fusion pyritique.

Nevada. — « The Boston and Nevada Copper Mining Company » traite les minerais de Mason Valley dans des fours à cuve à Yerrington. Dans le district d'Elkow, la mine de Golconde est exploitée par « The Glasgow and Western Exploration Company »; les minerais sont grillés au four Brückner et fondus au réverbère. « The Vulcan Copper Mining Smelting Company » a élevé une

fonderie à Siegelton, et « The Excelsior Copper Mining Company » fond au water-jacket les minerais de « The Blue Stone Mine ».

Caroline du Nord. — Les mines de Ore Knob, Copper Knob et Union se sont rouvertes en 1898; elles contiennent des sulfures de cuivre argentifères et aurifères. « The Ore Knob Company » a récemment construit une fonderie.

Oregon. — « The Vaughan Mining Company » fit des essais de fonderie avec vent chaud; elle emploie un avant-creuset basculant. « The Waldo Smelting and Refining Company », qui exploitait un filon très riche en cuivre, a dû s'arrêter vu les difficultés de transport.

Washington. — Dans le district de King, la découverte de gisements de cuivre aurifère amena la construction d'une fonderie.

Les minerais du district de Ferry sont fondus en Colombie Britannique.

Alaska. — Dans ces dernières années, on trouva des minerais de cuivre dans la région située entre les rivières White et Copper. Sur la côte ouest du district du Prince of Wales, on construisit une fonderie; des fours s'élevèrent également à Mamie pour les minerais de la région.

Enfin, des travaux de recherche sont activement poussés dans d'autres États.

Dans le Visconsin, « The North Visconsin Copper Mining Company » se développe depuis 1898. Dans l'Alabama, on exploite quelques veines au sud-est de Piedmont; le minerai y a une teneur de 5,4 0/0 en cuivre. Dans la Virginie, les prospections se continuent et semblent promettre une production prochaine. Dans le New-Hampshire, dans le district de Grafton, on retravaille actuellement les terrils de l'ancienne mine de Copperfield. Dans le Maryland, « The Maryland Copper Company » a repris l'ancienne mine de Liberty, qui avait déjà été travaillée à plusieurs reprises différentes. Dans le New-Jersey, la mine d'Arlington a été rouverte et « The American Copper Company » s'est établie récemment à First Mountain. Dans le Wyoming, à Carbon City, on exploite des sulfures de cuivre aurifères qui sont traités à la fonderie de « The Boston and Wyoming Smelting, Power and Light Company », à Encampment.

Usines métallurgiques de la côte de l'Atlantique.

Sur la côte de l'Atlantique, qui fut le berceau de la métallurgie du cuivre aux États-Unis, existent actuellement de nombreuses usines de fusion et d'électrolyse; elles traitent les minerais de l'intérieur et les minerais d'exportation de l'Amérique du Sud et du Canada.

« The Baltimore Copper Smelting and Rolling Company », qui construisit en 1891 les ateliers de « The Baltimore Electric Refining Company », pour le raffinage électrique du cuivre, comprend une fonderie de cuivre avec dix-huit révebères, deux cubilots, six fours de raffinage, des ateliers d'électrolyse et de fabrication de sulfate de cuivre ainsi qu'une usine à acide sulfurique. L'ensemble des ateliers forme « The Baltimore Copper Works ». Les minerais traités sont ceux de Anaconda.

« The Oxford Copper Company », à Bergen Point, emploie encore actuellement des fours à cuve construits en briques. La maçonnerie est refroidie au moyen d'une circulation d'eau. Le creuset présente une séparation pour permettre la coulée continuelle de la matte et de la scorie du four. La matte est réduite au réverbère. Les minerais traités sont des pyrites du Canada.

« The Nicholls Company », à Laurel Hill (Long Island), traite des pyrites de Québec. Le four water-jacket Herreshoff y fût introduit par son inventeur qui dirigeait la Compagnie. Le water-jacket est d'une seule pièce, ce qui nécessite la forme elliptique du four; la construction en est économique. La matte réduite au convertisseur et au réverbère est finalement traitée par électrolyse.

« The Chicago Copper Refining Company » fait de la fusion et de l'électrolyse.

« The New-Jersey Extraction Company », possède des ateliers de lixiviation et une fonderie comprenant dix grands réverbères, deux cubilots et six fours à calciner.

« The Pensylvania Salt Manufacturing Company », à Natrona, traite les pyrites de Rio-Tinto. Elle installa d'abord une fabrique d'acide sulfurique, puis elle s'adjoignit une fonderie et un atelier de raffinage électrolytique. Les pyrites à basse teneur sont traitées par la lixiviation. Elles sont grillées; les cendres sont calcinées avec du sel marin, qui forme du chlorure de

cuivre; puis elles sont lixiviées par l'eau; le cuivre est précipité par du fer métallique. En 1898, fut inauguré un nouveau système du traitement des minerais. La matte, au sortir du four à cuve, passe dans un avant-creuset mobile, puis dans une série de fours oxydants placés à des niveaux successivement inférieurs, de manière à permettre à la masse en fusion de couler directement d'un four dans le suivant. Le métal subit ainsi un enrichissement progressif. On évite l'emploi du convertisseur. Mais, pratiquement, on a comme une série de convertisseurs fixes avec tout un attirail de tuyaux, garnissages, avant-creusets. L'économie est douteuse.

« The Guggenheims Smelting Company », à Perth Amboy (New-Jersey), a des ateliers de fonderie et d'électrolyse. Elle est récemment devenue « The American Smelting and Refining Company ».

« The Buffalo Smelting Works » raffinent les minerais de Calumet et Hecla.

« The De La Mar Copper Refining Works », à Carteret (New-Jersey), raffinent les mattes de Bully Hill (Utah).

A Perth Amboy se sont installés récemment les grands ateliers de raffinage et d'électrolyse de « The Raritan Copper Works ».

A Newark, (New-Jersey), les établissements de « The Balbach Smelting and Refining Works » qui furent des premiers à pratiquer la fusion des minerais dans les États-Unis, possèdent :

Un réverbère spécial pour les écumes d'antimoine ;
Deux réverbères pour faire du Blister Copper.
Deux fours de raffinage de 50 t;
Trois fours de grillage ;
Quatre fours à cuve de 50 t;
Quatre fours de refonte préliminaire pour désargentation ;
Cinq cuves de désargentation de 50 t ;

Signalons enfin les ateliers d'électrolyse de Elizabeth (New-Jersey), de Phœnixville (Pensylvanie), de Central Falls (Rhode Island), et de Ansonia (Connecticut).

PRIX DE REVIENT DU CUIVRE

Le coût de la production du cuivre est très variable suivant la région, et suivant les usines elles-mêmes; l'influence de la teneur en métaux précieux et les frais d'exploitation des usines sont les principales causes des variations du prix de revient du cuivre.

Voici quelques exemples :

A « The Calumet Arizona Company » le cuivre revient à 6 cents par livre américaine, soit 0,65 f par kilogramme ;

A « The Arizona Copper Company », 7 cents par livre, ou 0,76 f par kilogramme ;

A « The United Verde Company », 3 à 4 cents par livre, ou 0,33 f à 0,44 f par kilogramme ;

A « The Anaconda Copper Company », 9,5 cents par livre, ou 1,03 f par kilogramme ;

A « The Highland Boy Company », 4,5 cents par livre, ou 0,50 f par kilogramme.

TABLE DES MATIÈRES

EXCURSION ORGANISÉE PAR LA SOCIÉTÉ

DANS LE

BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS

ET A L'EXPOSITION D'ARRAS

DU 9 AU 12 JUIN 1904

(Suite et fin) (1)

EXPOSITION DU NORD DE LA FRANCE

ARRAS

(1904)

EXPLOITATION DES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES

PAR

J. M. BEL

MEMBRE DU COMITÉ DE LA SOCIÉTÉ

ET

P. A. SCHUHLER

SECRÉTAIRE TECHNIQUE DE LA SOCIÉTÉ

TROISIÈME SECTION

TRANSPORTS

Chapitre IX. — Roulage.

Roulage général.

La *Société des Mines de la Clarence* exposait :

1° Une *berline* en tôle d'acier galvanisé, présentant, sur l'une de ses faces, une fourche destinée à recevoir une chaine flottante ;

2° Un *plan* relief, au $\frac{1}{200}$, de son trainage mécanique, et une reproduction de la poulie motrice de la chaine du trainage.

La *Société des Établissements Decauville* exposait :

1° Un train avec sa locomotive et des wagons de 750 et de 1,000 l pour terrassement ;

2° Des wagonnets de 500 l pour charbons et matières légères ;

3° Des *berlines* de mines.

(1) Voir Bulletins d'août et septembre 1904 et avril 1905.

La *Société des Mines de Dourges* exposait un train de *berline à roues folles*, en service à la fosse Sainte-Henriette bis (*Pl. 112, fig. 1 à 4*).

La maison *A. Koppel* exposait :

1° Deux *voies* en acier, une de 0,50 m, l'autre de 0,60 m, sur traverses en acier, en cannelure en U; des *croisements*; une *bretelle* d'évitements ;

2° Des *plaques tournantes* en fer forgé, plateau lisse en fonte, plateau avec voie croisée, avec taquets d'arrêt automatique, des plaques en fonte à billes, avec plateau à ornière, des plaques avec fixation automatique, et des plaques de manœuvre ;

3° Des *wagonnets culbuteurs* en acier et sans frein, de 300, 500, 750 et 1 000 l, et se vidant par le bout ;

4° Des *basculeurs* pivotant ;

5° Des *wagonnets* et *wagons* basculant, avec caisse en bois en avant et de côté, *à entonnoir*, pour coke, minerai, pour monte-charge, plan incliné à plate-forme pour usines, etc. ;

6° Des *berlines* pour mines, ordinaires, basculantes et pivotantes, à trois côtés ;

7° Des *boîtes* à graisse et à rouleaux ;

8° Des *trains de roues* en acier ;

9° Des *transporteurs* aériens ;

10° Une *locomotive* à vapeur, de 54 t, du système *Krauss et Cie*, caractérisée par une grande puissance de vaporisation, une haute pression de la vapeur et la substitution de l'acier au fer. Les soutes à eau sont placées dans l'intérieur du châssis.

La *Société des Mines de Lens* exposait des photographies du rivage et du quai d'embarquement de Vendin-le-Vieil, du culbutage d'un wagon dans les glissières et de la manœuvre des glissières.

Les *Forges et Ateliers de construction P. Malissard-Taza* exposaient :

1° Une *boîte tubulaire* pour essieu monté de berline, système Deckers, à graissage continu, d'un type répandu en Belgique, et à l'essai en France ;

2° Une *boîte à huile inversable*, système Malissard, pour essieu monté de berline ;

3° Des *berlines*, types de Bruay et Douchy (560 l), Grand'-Combe (600 l), Vicoigne et Nœux (575 l).

Ces berlines sont fabriquées avec une presse à emboutir pouvant poinçonner jusqu'à 30 trous à la fois, à l'air comprimé ;

4° Un *wagon à trois trémies*, système Malissard-Taza, de 25 m³, types de Carmaux *(Pl. 112, fig. 5 à 8)*, la Grand'Combe, Meurchin et Ostricourt, pouvant charger de 20 à 25 t ;

5° Un *wagon de 15 à 20 t*, pour rivage ;

6° Des tableaux représentant :

Un *wagon à trémie*, un *wagon* type de Carmaux, et un *wagon à dos d'âne* de 30 t pour minerais, de 20 m³ de capacité, à trois essieux, type des Aciéries de Denain et Anzin ;

L'*embarquement des charbons* aux mines de Marles, par le système Taza-Villain (1).

La *Société anonyme de constructions mécaniques et matériel de mines d'Onnaing* exposait des *berlines* et du matériel en tôle de fer galvanisé.

La *Compagnie du Chemin de fer du Nord* exposait un *wagon de 40 t*, pour le transport de la houille, fabriqué par les *Forges de Douai*, sous la direction de notre collègue M. Pierre Arbel, et monté par les Ateliers du Nord de la France à Blanc-Misseron.

La *Société anonyme des Forges de Saint-Roch-lez-Amiens* exposait des *essieux* d'Amiens, marque Daire.

Les *Établissements métallurgiques et industriels d'Hénin-Liétard R. Sartiaux* exposaient :

1° Un *train monté à roues folles*, système M. Sartiaux, avec réservoir à huile et bouchon automatique, type de Marles ;

2° Un *train monté de roues calées* en acier fondu, avec tube graisseur en fer étiré et coussinets démontables, munis de bagues en métal antifriction, système M. Sartiaux.

On sait que le système des tubes graisseurs est très usité en Allemagne. La variante due à M. Sartiaux se distingue par la particularité de permettre le remplacement des bagues usées sans décaler les roues.

3° Des *roues* et *coussinets* en acier fondu Martin ;

4° Un *tampon métallique*, système M. Sartiaux, type de l'Escarpelle, Ferfay et la Grand'Combe ;

5° Des *traverses* en acier ;

6° Des *berlines* en acier fondu, noires et galvanisées ;

7° Un *wagonnet de fours à coke*, type de Lens, de la contenance de 1,000 l et du poids total de 585 kg ;

8° Un *chariot à bois*, type de Liévin et de Nœux, du poids de

(1) F. Malissard-Taza : Communication sur les *appareils d'embarquement des houilles et minerais* (Congrès national des travaux publics, 9-13 février 1903).

110 kg avec ses coussinets et dont les deux trains pèsent 56 kg; la caisse a 1 m de long, 0,600 m de large, 0,65 m de hauteur.

M. *H. C. Slingsby* exposait du matériel de roulage sans rails: *chariots et wagonnets*, du système Slingsby, *diables*, *voitures à bras*, *de commerce*, etc.

Cette maison construit aussi des wagonnets du même système allant sur rails et sur sol, avec six roues, dont quatre roulant sur les rails des chemins de fer portatifs, et des wagonnets basculant sur les deux côtés.

MM. *Sautter*, *Harlé et Cie* exposaient les photographies d'un *transbordeur* pour wagons.

Plans inclinés.

La *Société des Mines de Carvin* exposait une *poulie* due à M. Berry, son Ingénieur du matériel. Cette poulie a un frein intérieur ne produisant pas de réaction sur l'arbre. Le freinage est doux, puissant et simple, ce qui différencie cette poulie des anciens types. Une vingtaine sont en service depuis longtemps et donnent toute satisfaction.

La *Société des Mines de la Clarence* exposait une reproduction, en vraie grandeur, de la *poulie motrice* de la chaîne du traînage reliant le siège d'extraction au criblage par un *plan incliné*.

La *Société des Mines de Lens* exposait des dessins de la disposition courante des *plans inclinés* du fond et de sa *barrière de sûreté* spéciale pour tête de plan incliné.

Chapitre X. — **Traction mécanique et électrique.**

Traction a vapeur et a l'air comprimé.

La *Société des Mines de Lens* exposait :

1° Un *truck dynamométrique* et *quatre diagrammes*. Le truck est destiné à enregistrer les efforts nécessaires pour la traction des trains de berlines. La rotation du cylindre enregistreur est solidaire du mouvement de l'essieu arrière du truck. Celui-ci est à écartement de 0,60 m et muni de crochets d'attelage à l'avant et à l'arrière. Le crochet d'avant est relié à une série de ressorts à lames fixés au châssis. L'essieu d'arrière porte un pignon conique commandant un rouleau en caoutchouc, qui en entraîne un autre par friction.

2° Un *appareil de prise d'air* rapide en cours de route pour locomotive à air comprimé, système Naissant. Cet appareil permet de remplir en une minute un réservoir de 1 m³ avec de l'air à 80 kg. On peut ainsi avoir des locomotives moins encombrantes.

Cet appareil comporte un cylindre à piston relié, par un robinet, à la conduite d'air comprimé et pouvant ainsi être mis en communication avec l'atmosphère. La locomotive porte une pièce en bronze, qui peut se placer en regard de l'appareil mis alors en communication avec l'air comprimé. Quand la pression est suffisante, la locomotive ferme les robinets d'arrivée d'air, et l'on met alors l'arrière du piston en communication avec l'atmosphère.

Les *Ateliers de construction de la Meuse et Sclessin* exposaient des photographies représentant des *locomotives-tender* à 6 et 8 roues couplées pour voies normales et étroites, ainsi qu'une *locomotive* à 4 roues couplées pour voies normales.

La *Société Westinghouse* exposait des photographies de *locomotives de mines* marchant à Châtillon-Commentry et à « the Lislie Mining and Manufacturing C° ».

TRACTION ÉLECTRIQUE.

La *Société alsacienne de constructions mécaniques* avait, au stand de la Société des Mines de Vicoigne et de Nœux, une *locomotive électrique* de sa construction, laquelle est décrite plus loin sous la rubrique de cette dernière Société.

Cette Société exposait en outre les photographies des locomotives de mines fournies aux Sociétés de Huanchaca, Moulaire, Vicoigne, Godbrange.

La *Société des Mines de Bruay* exposait deux *locomotives électriques* destinées aux travaux du jour de la fosse n° 7 et construites par les ateliers Thomson-Houston (anc. Postel-Vinay) *(Pl. 112, fig. 9 à 11)*. Elles assuraient le service du tramway faisant le tour du parc de l'Exposition. Les voitures étaient de la maison Arthur Koppel et la voie de 0,60 m.

La *Société de l'Industrie internationale* exposait une *locomotive* du système Jeffrey, dont un type est en service aux Mines de la Loire.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait une *locomotive électrique à accumulateurs*, en service à sa fosse n° 8, et

qui a été étudiée et construite, en 1904, par la Société alsacienne de constructions mécaniques, pour remplir les conditions générales suivantes :

1° Pouvoir remorquer, avec une vitesse de 11 à 12 km à l'heure, un convoi de 20 à 25 berlines vides, pesant chacune 280 kg, sur une rampe de 8 mm par mètre en moyenne ;

2° Pouvoir remorquer, avec la même vitesse, sur une pente de 8 mm par mètre en moyenne, le même convoi chargé de 500 kg de charbon par unité ;

3° Entrer sans aucun démontage dans les cages actuellement en service dans les différentes fosses de la Compagnie ;

4° Pouvoir effectuer un parcours aller et retour de 6 km, sans recharger la batterie d'accumulateurs ;

5° Que la batterie puisse être rechargée pendant le temps de durée d'un parcours ;

6° Présenter toutes les garanties possibles au point de vue du grisou.

Des essais effectués au fond, avec un chariot dynamométrique, ayant montré que la puissance nécessaire ne dépassait jamais 9 kw, une batterie de 51 éléments de 60 A-H au régime de 1 h a été prévue et, comme il n'était pas possible, d'après ce qui précède, de la loger sur la locomotive, elle est portée par un truck spécial.

QUATRIÈME SECTION

EXTRACTION

CHAPITRE XI. — **Câbles et courroies.**

CABLES D'EXTRACTION, ETC.

La *Manufacture des câbles et cordages A. Stiévenart et fils* avait installé un stand qui était clôturé par de la *laissenne*, ou fil à coudre les câbles plats, attaché à des colonnes de pelotes de *ficelle moissonneuse* et de bobines, contenant du fil de *caret* en chanvre de Manille.

Ils y exposaient :

1° Un *câble plat d'extraction*, en 8 aussières, destiné au puits n° 5 de Bruay et ayant :

Longueur		510 m
A l'enlevage	Largeur	0,340 m
	Epaisseur	0,054 m
A la patte	Largeur	0,250 m
	Epaisseur	0,040 m
Poids		7 000 kg

2° Une partie d'*enlevage de câble plat* en 5 et 2 1/2 aussières, ayant :

Largeur	0,500 m
Epaisseur	0,050 m

Calculée pour un câble décroissant de 0,500 m à 0,320, pouvant enlever, à 1 500 m de profondeur, une cage de 12 berlines, pesant, avec le contenu, 16 000 kg.

Un pareil câble pèserait 26 t.

La partie exposée a été faite avec une machine à coudre les plats, étudiée spécialement à cet effet parmi les métiers couseurs ;

3° Un *câble* en chanvre de Manille goudronné, de 0,025 m pour plans inclinés de mines ;

4° Un *câble de transmission* en chanvre de Manille blanc, de 0,040 m à 3 torons. Un pareil câble sans fin ne comporte qu'un e

seule épissure, quel que soit le nombre de gorges. Cela permet un montage rapide et une surveillance facile. Il pèse 1 kg environ le mètre courant ;

5° Une *toile sans fin*, pour le triage des mines de Carvin. Elle est de « toute largeur » à deux bouts ou sans fin ; elle a été fabriquée par un procédé spécial supprimant l'épissure et par conséquent le point faible ;

6° Une *corde* en chanvre d'Italie à 4 torons et 0,040 m de diamètre, pour palans ;

7° Un lot de pelotes *ficelle moissonneuse* en chanvre de Manille et de Zélande, fabriquées par une nouvelle filature système américain montée récemment par ces exposants. La ficelle en Manille pur ferait 350 m au kilog, avec une résistance de 45 à 50 kg ;

8° Un *cadre* renfermant, en outre de l'échantillon cité ci-dessus, des cordages pour la marine (grelins en chanvre d'Italie blanc et goudronné, en chanvre de Manille blanc et goudronné), — des *élingues* en chanvre d'Italie blanc et goudronné, — des *câbles de transmission* en chanvre de Manille, blancs, âme goudronnée, goudronnés ; une *toile de triage ;*

9° Ce cadre est entouré d'un *cordage grelin* en chanvre de Manille goudronné, de 0,180 m de diamètre, et d'*élingues* en chanvre d'Italie de 0,050 m de diamètre, terminées à un bout par un œillet, l'autre bout étant fini.

La *Grande Corderie du Nord Vertongen et Harmegnies* exposait :

1° Des échantillons de *câbles plats* en aloès de Manille (abaca) en 4, 6, 8, 10 et 12 aussières, ayant jusqu'à 500 mm de largeur, à section décroissante et à tension variable et bi-variable, de câbles télédynamiques antigiratoires et flexibles par haubans, treuils, palans, etc. Force motrice 300 ch. Banc d'épreuve à 100 000 kg.

2° Un échantillon de *toile tampon*, en aloès de Manille, ayant :

Largeur.	1,18 m
Épaisseur.	0,02 m

Ces exposants fabriquent ces toiles cousues, sans fin ou à deux boutset jusqu'à 1,30 m de largeur et jusqu'à 16 m m d'épaisseur, pour transports et triage de charbons et de minerais ;

3° Des échantillons de *câbles ronds*, en aloès de Manille, goudronnés et non goudronnés, pour transmission, plans inclinés, palans, haubans, moufflage, etc. ; du *fil de caret* en aloès de

Manille, du fil pour moissonneuses lieuses. Banc d'épreuve à 100 000 kg;

4° Des *câbles plats métalliques* en fer et en acier, pour extraction, plans inclinés;

5° Des *câbles ronds métalliques*.

Ces câbles sont fabriqués en fils d'acier fondu au creuset allant de 100 à 180 kg de résistance par mm^2 de section.

CABLES ÉLECTRIQUES.

La *Société alsacienne de constructions mécaniques* exposait des échantillons de *câbles armés* de sa fabrication, et intéressant spécialement la région du Pas-de-Calais, à savoir :

1° Une série de câbles construits spécialement pour transporter l'énergie électrique du jour au fond des mines, dits *câbles de puits*;

2° Des câbles de même genre plus spécialement disposés pour la traversée de cours d'eau, canaux, ponts, etc.;

3° Des câbles souples et résistants pour l'éclairage des puits en cours de fonçage;

4° Des câbles à conducteurs multiples pour la téléphonie et les signaux dans les puits et dans les galeries;

5° Des câbles souples protégés pour les raccordements des postes aux appareils d'utilisation, dits câbles de chantiers.

Les *câbles pour éclairage de travaux* se composent de conducteurs très souples isolés au caoutchouc, assemblés et recouverts d'une armature en fils d'acier fin. Ces câbles doivent pouvoir supporter divers appareils d'éclairage, être descendus et remontés fréquemment. Les échantillons exposés avaient des sections de 3 à 35 mm^2 et des longueurs de 100 à 600 m.

Les *câbles pour téléphonie et signaux* ont la même disposition que les câbles de puits. Ils en diffèrent seulement en ce qu'ils contiennent en général un nombre de conducteurs assez grand et de section réduite. Les échantillons exposés comprenaient des câbles à 2, 8, 10, 20 etc. conducteurs, isolés au caoutchouc, fournis aux mines de Ronchamp, Carmaux, Marles, etc.

Les *câbles de chantier* sont plus spécialement destinés à relier les postes ou prises de courant aux appareils d'utilisation, moteurs, outils, etc., qui sont déplacés fréquemment; ces câbles, composés d'un ou plusieurs conducteurs souples, isolés très fortement, sont protégés par un tressage en fil d'acier, qui les

garantit contre l'usure et les chocs, et permet de laisser ces câbles sur le sol des ateliers, chantiers, arsenaux, etc., où ils sont employés. Étaient exposés un câble de ce type à deux conducteurs de 2 mm^2 et un câble à un conducteur de 120 mm^2, fourni aux Ateliers de Provence à Marseille et à l'arsenal de Sidi-Abdallah.

Courroies et Cables de transmission.

La *Manufacture spéciale de cuirs pour applications techniques et industrielles, tannerie, chimie, courroierie H. Boulanger* exposait des *courroies en cuir*, fabriquées suivant une méthode rationnelle résultant des savantes études et des essais multipliés de résistance, faits par un industriel (1) qui a su, avec talent, perfectionner son industrie, jusqu'ici surtout empirique.

Nous avons d'ailleurs demandé un avis spécial à notre collègue, M. A. Magnère, qui a pratiqué pendant de longues années l'industrie de la tannerie, et voici son opinion sur les travaux de M. Boulanger :

« J'ai la conviction intime qu'une étude aussi minutieuse, aussi parfaite, prêtera d'inappréciables services, non seulement à l'industrie de la courroie, mais encore à toutes les industries qui emploient la force motrice.

« Les connaissances scientifiques ont peut-être manqué jusqu'à ce jour à un certain nombre de praticiens qui s'occupent de ce genre de travail, et il est à peu près certain que la pratique et l'expérience seules les ont guidés dans le choix des peaux destinées à faire de la courroie.

« Aujourd'hui, grâce aux recherches de M. Boulanger, il sera facile, à tout praticien, de faire ou de faire faire les études les plus complètes sur les qualités et la composition des cuirs qu'ils auraient à employer, et il n'est pas douteux que toutes les industries à force motrice retireront de ces études les plus grands avantages, en se servant à l'avenir de courroies bien disposées et scientifiquement étudiées.

« Les cuirs avec lesquels on fera ces courroies ne seront peut-être ni plus solides, ni plus faibles qu'à présent, mais la façon rationnelle et scientifique de les grouper au moment de

(1) H. Boulanger : *Essais du cuir dans ses applications industrielles* (Bull. de la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale). Paris 1902.
Id. : *Etude microscopique de la peau*. Lille.

la fabrication, permettra au fabricant d'éviter tous les écueils, que la pratique seule ne lui permettait pas de découvrir jusqu'à présent.

« Les nombreuses épreuves de résistance, de tension, de déchirure et d'arrachement, faites par M. Boulanger, sur un grand nombre de courroies de toute espèce, fabriquées avec des cuirs indigènes et des peaux de buffle, tannés à l'écorce ou au chrome et à l'état de parchemin, sont très bien exposées dans son ouvrage, pour qu'il ne paraisse pas superflu de l'analyser.

« Il suffira, à mon avis, de le mettre à la portée des praticiens et de leur en recommander la lecture, pour qu'ils en tirent facilement tout le profit désirable. »

M. *Boulanger* présentait dans son exposition :

1° Des *courroies* en cuir double, renforcées intérieurement de cuir vert perforé, particulièrement résistantes ;

2° Un *cuir de buffle* de Saïgon, tanné au chêne, ayant pour objet de montrer la valeur importante que l'on pourrait, dans la métropole, faire acquérir aux peaux des colonies, si elles y étaient traitées avec de meilleurs soins ;

3° Des *engrenages en cuir ;*

4° Des *taquets* pour tissage, en buffle, marque Kerbo.

MM. Getting et Jonas avaient, au stand L. Galland, une *courroie Titan*, système Magaldi, placée sur un ventilateur Mortier.

La *Câblerie du Nord* exposait des *câbles de transmission* en coton. Elle avait établi à l'Exposition ceux du groupe électrique Babcok et Wilcox, — Dujardin, — Postel-Vinay.

M. de Tayrac exposait des *courroies chromées*.

Chapitre XII. — **Appareils d'extraction.**

Cages.

La *Société des Mines de Lens* exposait :

Une *cage* à deux étages et à une berline par étage, qui figurait dans son installation d'extraction électrique, décrite plus loin (chapitre XV).

Les *Forges et Ateliers de construction Malissard-Taza* exposaient :

Une *cage* à deux étages et à huit berlines, type Douchy.

Guidages.

La *Compagnie des Mines de houille de la Clarence* exposait un plan de son siège d'extraction où figurait un *guidage Briart*.

La *Société des Mines de Lens* exposait un *guidage par rails* établi à son installation d'extraction électrique.

Les *Forges et Ateliers de construction Malissard-Taza* exposaient un *guidage métallique*.

Parachutes.

La *Société des Mines de Lens* exposait :

Un *parachute à griffes*, et le dessin du *parachute* de la cage d'extraction de sa fosse n° 1.

M. *Malissard-Taza*, ancien maire d'Anzin, avait établi, au centre du Palais des Mines, la réduction au tiers du monument exécuté par le statuaire Theunissen, à l'aide de la coopération des Compagnies houillères, et érigé à Anzin, à la mémoire de *Pierre Fontaine*, l'inventeur du parachute de mine.

Les *Forges et Ateliers de construction Malissard-Taza* exposaient :

Un *parachute*, système *Malissard*, posé sur le guidage métallique déjà mentionné ci-dessus. Il s'applique aux cages à huit berlines d'Aniche et de Bruay, à celles à douze berlines d'Anzin et de Béthune.

Chevalements.

La *Compagnie des Mines de houille de Bruay* exposait une réduction au $\frac{1}{10}$ d'un *chevalet* de 36,50 m de hauteur déjà décrit (1), de son puits n° 5 et des photographies de cette fosse, ainsi que de son siège n° 1.

La *Compagnie des Mines de la Clarence* exposait un *plan en relief* de son siège d'extraction à l'échelle du $\frac{1}{200}$ où figurait un *chevalet* métallique pour cages à six berlines.

La *Compagnie des Mines de houille de Courrières* exposait plusieurs tableaux représentant le *chevalet* d'extraction de sa fosse n° 10.

La *Société des Mines de Dourges* exposait :

1° Un modèle au $\frac{1}{10}$ du bâtiment d'extraction de la fosse Boisgelin, où figurait le *chevalet*, qui est du type de Lens;

(1) J.-M. Bel : *loc. cit.*

2° Des photographies des fosses Henriette, Mulot, Hély d'Oissel, de Clercq et Boisgelin.

La *Compagnie des Mines de Drocourt* exposait des photographies de ses fosses n°s 1 et 2.

La *Compagnie de Fives-Lille* exposait une photographie du *bâtiment d'extraction* de la fosse n° 10 des Mines de Béthune.

La même Compagnie exposait, en outre, la photographie d'un chevalement analogue, qu'elle a exécuté pour la fosse Sainte-Henriette de Dourges, prévu pour l'extraction à 825 m.

La *Société des Mines de Lens* exposait :

1° Un *chevalet* complet de puits intérieur pour cages à deux étages et à deux berlines déjà citées ci-dessus ; ce chevalet supportait les molettes recouvertes d'un campanile ;

2° Des photographies des sièges n°s 3, 4, 7, 12 ;

3° Des plans de la fossse n° 12.

La *Compagnie des Mines de Liévin* exposait un tableau représentant son siège n° 1 et une vue à vol d'oiseau de son siège n° 4, ainsi qu'une coupe du siège n° 5 avec sa machine d'extraction.

Les *Forges et Ateliers de construction Malissard-Taza* exposaient deux tableaux représentant respectivement, le *chevalet*, la passerelle et l'élévateur de la fosse n° 2 de Carvin, et le *chevalet* de la fosse La Grange, d'Anzin.

La *Compagnie des Mines de Marles* exposait des vues photographiques et coupes des sièges n°s 3, 4 et 5.

La *Société anonyme des Mines de Meurchin* exposait des photographies des fosses n°s 1, 3 et 4.

Les *Ateliers de construction de la Meuse et Sclérin*, de Liège, exposaient en photographie :

Un *chevalement double* avec avant-carrés, pour le service d'une double extraction.

La *Société anonyme des Établissements métallurgiques d'Onnaing* exposait le *chevalet métallique* et ses accessoires, qu'elle a construit pour les mines de Ligny-lez-Aire.

La *Compagnie des Mines d'Ostricourt* exposait des photographies de ses fosses.

Recettes et Accrochages.

La *Société des Mines de Dourges* exposait un modèle au $\frac{1}{10}$ des recettes de la fosse Boisgelin qui representait l'accrochage du fond à 277 m.

La *Compagnie de Fives-Lille* exposait la photographie du bâtiment d'extraction de la fosse n° 10 des mines de Béthune, déjà mentionné ci-dessus, et qui est caractérisé par un système spécial d'encagement et de décagement automatiques des berlines.

La *Société des Mines de Lens*, dans son installation d'extraction électrique, exposait :

1° Une *recette extérieure* où les barrières, normalement fermées, sont soulevées par la cage à son arrivée au jour ; les taquets du jour, à excentrique, peuvent être effacés à volonté, et ont leurs arbres enclenchés avec le levier de sonnerie par une palette qui se loge dans une mortaise ménagée à leur extrémité ;

2° Une *recette du fond*, figurée au niveau du plancher, montrant les taquets hydrauliques, les barrières automatiques et les enclenchements.

Les câbles d'extraction sont plats, métalliques, et fabriqués par la maison Vertongen et Harmegnies.

Les enclenchements, destinés à assurer la sécurité, sont tels que toute manœuvre intéressant le mouvement des cages aux accrochages ne puisse être faite tant que les agents du jour et du fond intéressés à ces manœuvres ne sont pas prêts à les exécuter. Ils réalisent les conditions suivantes :

1° Le chargeur aux cages du grand accrochage ne peut sonner, pour avertir qu'il est prêt, la recette du jour, que si les barrières sont fermées à la fois des deux côtés de l'accrochage ;

2° Le mécanicien de la machine d'extraction ne peut mettre en marche les cages que si le chargeur aux cages du grand accrochage a déclenché les taquets du jour pour permettre au moulineur de les effacer. Ce déclenchement ne peut être fait que si les barrières sont restées fermées ;

3° Le chargeur aux cages du grand accrochage ne peut ouvrir son robinet de taquets que si la barrière côté petit accrochage est abaissée, et ne peut le fermer que si les taquets sont en haut de leur course, de chaque côté du puits ;

4° La fermeture du robinet de taquets enclenche la tête des pistons de taquets, ce qui évite la descente de la cage en cas de rupture des poches ou des tuyaux ;

5° Les loquets, destinés à accrocher les barrières sont enclenchés par des couperets tant que la cage ne se trouve pas en regard de l'accrochage.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait des photographies des sièges nos 1, 3, 5, 7, 8 (fosse Léon Renard).

Échelles.

La *Société anonyme de constructions mécaniques et matériel de Mines d'Onnaing* exposait des échelles en fer.

Les *Établissements mécaniques et industriels Romain Sartiaux* exposaient deux *échelles en fer* galvanisé, type de Lens deux du type de l'Escarpelle et deux de celui de Drocourt.

Chapitre XIII. — **Évite-molettes.**

La *Compagnie des Mines de Béthune* exposait un *évite-molettes (pl. 112, fig. 12 à 19)*, qui empêche le mécanicien de dépasser une vitesse déterminée quand la cage arrive au jour.

A cet effet, l'arrivée de vapeur est interceptée à 60 m du jour et le mécanicien est obligé d'admettre à nouveau la vapeur pour terminer la cordée.

Il peut, sur ce parcours, laisser prendre à la machine une vitesse exagérée. Un appareil, commandé par un régulateur à force centrifuge S, provoque alors, à une distance variable de la recette et d'autant plus grande que la vitesse de la machine est plus accentuée :

1° La fermeture des deux obturateurs et en même temps le serrage d'un frein à action réduite ayant pour but de ralentir la machine ;

2° Un moment après, le serrage du frein absolu qui bloque la machine, ce qui n'offre pas d'inconvénient, car la vitesse de celle-ci est alors très ralentie.

La commande des soupapes d'échappement, des obturateurs et des cylindres de frein est obtenue au moyen de doigts V et de cames d'attaque réglables, portées sur un plateau tournant A, commandé par la machine (1).

En somme, les garanties que présente cet évite-molettes sont les suivantes :

1° Couper la vapeur à 60 m du jour (à régler suivant l'installation) ;

2° Impossibilité au mécanicien de faire arriver la cage au jour, en vitesse exagérée et, par conséquent, de laisser retomber violemment la cage descendante sur les taquets du fond ;

3° Impossibilité absolue de démarrer brusquement ;

(1) Voy. la Notice de ladite Société.

4° Impossibilité dans tous les cas d'élever la cage à plus de 3 m de la recette.

La *Compagnie des Mines de houille de Bruay* exposait un *évite-molettes*, système Sohm, déjà décrit (1).

La *Société des Mines de Lens* exposait un appareil *évite-molettes*, du système de notre collègue M. E. Reumaux *(pl. 113, fig. 1)* dont nous reproduisons ci-après la description :

« On distingue dans les appareils :

» 1° L'obturateur *(a)* ;

» 2° Le cylindre de manœuvre automatique du tiroir du frein à vapeur *(b)* ;

» 3° L'appareil pour la manœuvre automatique du frein par intensité réglée *(c)*.

» L'obturateur est constitué par un cylindre installé sur la conduite d'arrivée de vapeur, immédiatement en avant du modérateur ; dans ce cylindre peut se mouvoir un double piston qui ferme la conduite de vapeur en un point de la course de la cage, réglable à volonté.

» Ce fait est produit en mettant en communication avec l'échappement la face du petit côté du piston double : la différence de pression ainsi produite provoque le déplacement du piston obturateur et par suite la fermeture de la conduite de vapeur.

» La communication avec l'échappement qui détermine la fermeture, est obtenue par l'intermédiaire d'un doigt fixé sur le disque de la sonnerie, on établit ce doigt de façon qu'il agisse sur la petite soupape *(d)*, au moment précis de l'ascension où le mécanicien doit normalement fermer son modérateur pour se rendre maître de la vitesse de sa machine.

» Un deuxième doigt est disposé de façon à assurer un deuxième fonctionnement de l'obturateur, au cas où la cage dépasserait trop loin le point d'arrivée.

» La réouverture de la conduite de vapeur se produit en mettant en communication avec l'échappement la face opposée du double piston, et cet effet est obtenu à l'aide de la petite soupape *(g)*, par le mouvement que le mécanicien doit donner au levier du modérateur, en vue de fermer celui-ci.

» En marche normale, le tiroir du cylindre de frein est disposé de façon à mettre à l'échappement le cylindre du frein. Le

(1) J.-M. Bel : *loc. cit.*

mécanicien peut à volonté le mettre à l'admission et serrer le frein, mais, en outre, il fonctionne automatiquement dans la circonstance suivante :

» Lorsque la cage dépasse d'environ un mètre (ce qui est beaucoup) le point d'arrivée, un doigt placé également sur le plateau de sonnerie, agit sur une petite soupape *(e)*, qui met en communication avec l'échappement la partie inférieure du cylindre *(b)*, alors que la partie supérieure est en communication avec la conduite de vapeur; le piston de ce cylindre descend donc, et à l'aide d'un doigt entraîne le tiroir du cylindre du frein à vapeur et le met à l'admission, provoquant ainsi, instantanément, le serrage du frein.

» Le petit cylindre ci-dessus provoque également le serrage instantané du frein dans le cas de rupture de la conduite générale de vapeur ou d'explosion d'un générateur; car, dans ce cas, le bas du petit cylindre est mis par l'effet même de la rupture en communication avec l'atmosphère, et le piston se déplace encore sous l'action de la vapeur contenue dans un réservoir spécial qui se trouve alors isolé automatiquement de la canalisation et fournit de la vapeur sous pression pour le fonctionnement du frein.

» Lors de la circulation du personnel dans le puits, alors que la manœuvre se fait lentement, un serrage brusque du frein est inutile, il suffit d'un serrage modéré, qui est obtenu à l'aide de l'appareil *(c)*, le levier de manœuvre du frein étant préalablement placé dans une situation telle que par le tiroir du cylindre de frein, il n'y ait ni admission, ni échappement.

» La partie inférieure est mise en communication directe avec le cylindre de frein, mais par le petit trou dont est percé le piston, l'équilibre s'établit sur les deux faces, et un ressort, disposé à la partie supérieure, appuie la soupape sur son siège et par suite empêche tout serrage du frein.

» Pour provoquer une friction modérée des sabots du frein, lorsque la cage descendante arrive à quelques mètres du fond, un doigt également disposé sur le plateau de la sonnerie, agit sur la soupape *(f)* et met en communication avec l'échappement, la partie supérieure de l'appareil. Dès lors, le ressort antagoniste est vaincu par la pression, la soupape se soulève et une certaine quantité de vapeur pénétrant dans le cylindre de frein, agit sur le piston et le serre modérément.

» On a pu le voir, le fonctionnement de ces appareils est produit, sans que le machiniste ait rien à changer à sa façon habi-

tuelle de procéder, sauf en ce qui concerne le fonctionnement du frein par intensité réglée, pour lequel le levier de manœuvre doit être légèrement déplacé.

» On ne demande donc au mécanicien rien de plus que ce qu'il doit faire régulièrement, c'est-à-dire de fermer son modérateur, puis de le rouvrir ; seulement, s'il néglige de le fermer, l'obturateur empêche tout accident.

» L'appareil est complété par un dispositif qui assure l'arrêt de la machine, même en cas de moments négatifs. A cet effet, le grand piston de l'obturateur porte, en prolongement, une tige cylindrique qui se meut dans un cylindre de même diamètre et qui est terminée par un clapet conique en bronze. L'extrémité du cylindre est munie d'une tubulure qui reçoit un tuyau communiquant avec la conduite générale de vapeur, avant l'obturateur et, en outre, le fond du cylindre est mis en communication avec le dessous du piston du frein à vapeur au moyen d'un second tuyau de faible section. Lorsque l'obturateur est dans la position ouverte, le clapet ferme la commmnication avec le frein. Mais, si l'obturateur est fermé, le clapet rappelé avec les pistons laisse libre le passage de la vapeur qui va ainsi directement, de la conduite générale jusqu'au cylindre de frein. Ordinairement le machiniste rappelle de suite l'obturateur et alors la quantité de vapeur introduite dans le frein est trop petite pour que le serrage se produise. Mais, si le machiniste néglige de rappeler l'obturateur, la vapeur s'introduit progressivement dans le frein qui agit avec une intensité graduellement croissante et finit par serrer à fond en arrêtant complètement la machine.

» Pour que ce résultat puisse être obtenu, il faut que le tiroir du frein isole le cylindre de la boite à vapeur ; à cet effet, on place en marche normale le levier de commande dans la position qui a été indiquée ci-dessus comme correspondant à la descente du personnel. »

La *Société des Mines de Liévin* exposait un *évite-molettes* Karlik-Witte, pour treuil électrique de fonçage.

Chapitre XIV. — **Machines d'extraction.**

Les machines d'extraction à vapeur, de l'exposition d'Arras, se sont présentées sous quelques types fort intéressants que nous allons passer en revue.

Moteurs.

Les *Forges et Chantiers de la Chaléassière, Biétrix, Leflaive et Cie* exposaient des photographies de leurs machines, les unes à distribution par soupapes, système Collmann, les autres à distribution par tiroirs, système Rider.

La *Compagnie des Mines de houille de Bruay* exposait un lavis de la *machine d'extraction* nouvelle de la fosse n° 4 *bis*. C'est une machine à bâti Allis, de 0,950 × 1,700 m, à distribution par tiroirs circulaires, équilibrés ; elle a été construite par la *Société française des Constructions mécaniques* (anc. Et. Cail).

La *Compagnie des Mines de la Clarence* exposait un *plan du siège d'extraction* comprenant :

Une *batterie de 12 générateurs à bouilleurs* de 90 m² de surface de chauffe et d'une capacité de 40 m³ ;

Une *machine d'extraction horizontale* de la puissance de 800 ch.

La *Société des Mines de Dourges* exposait un modèle de la *machine d'extraction à trois cylindres*, de la fosse Boisgelin, la plus récemment créée.

Cette machine est identique à celle de la fosse Mulot *bis*, c'est-à-dire horizontale, à tiroirs plans et détente Rider, variable par régulateur, pouvant développer une force de 1 150 ch avec admission de 3/10, mais ne marchant qu'à 450 ch environ.

La machine de la fosse Boisgelin est munie d'un frein qui fonctionne à la vapeur, sans contrepoids et pouvant aussi fonctionner à l'air comprimé.

La *Compagnie de Fives-Lille* exposait des photographies de plusieurs machines d'extraction, construites pour les houillères de la région, à savoir :

1° Celles des *Mines de Béthune*, au nombre de trois, du type horizontal, à deux cylindres égaux conjugués, agissant sur des manivelles, calées à 90° aux extrémités d'un même arbre et ayant 0,950 m de diamètre et 1,700 m de course.

La distribution est du système Kraft-Audemar par soupapes équilibrées, au nombre de 4 par cylindre ; elle reçoit son mouvement de deux arbres indépendants, actionnés par l'arbre moteur et portant chacun quatre cames, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. En déplaçant les cames sur leur arbre, on obtient le changement de marche.

2° Celles des puits n°s 5 et 5 *bis*, de *Bruay*, semblables aux précédentes, sauf que le changement de marche est commandé par un servo-moteur, la pression de vapeur étant plus élevée, et qui a déjà été décrite (1) ;

3° Celle de la fosse n° 10 de *Courrières*, du même type que les précédentes, avec piston de 0,950 m de diamètre et 1,800 m de course. La détente est du système Rider, avec régulateur à force centrifuge. Des coulisses de Gooch, commandées par un servo-moteur, donnent le changement de marche. La machine est pourvue d'un indicateur de marche des cages, d'une sonnerie mécanique et d'un évite-molettes Reumaux.

4° Celle de la fosse Sainte-Henriette *bis* de *Dourges*, déjà mentionnée ci-dessus ;

5° Celle destinée au puits n° 7 *bis* de l'*Escarpelle*, encore à deux cylindres égaux, piston de 0,950 m de diamètre et 1,700 m de course, distribution analogue à celle de la machine à trois cylindres, de Dourges ;

6° Celle de la mine d'*Auboué*, de la Société des Hauts Fourneaux de Pont-à-Mousson, à deux cylindres égaux, piston de 0,800 m de diamètre et 1,600 m de course, avec distribution par soupapes équilibrées, actionnées par des cames. La vapeur est fournie par une batterie de huit générateurs semi-tubulaires de 185 m² de surface de chauffe, timbrée à 8 km venant des ateliers de Fives;

7° Celles des fosses n°s 3 *bis*, 5 *bis*, 7 *bis* et 8 de *Vicoigne et Nœux* ; elles sont analogues aux précédentes, sauf que la détente peut varier automatiquement, grâce à un régulateur à force centrifuge, déplaçant les galets attaqués par les cames et leurs parties plus ou moins saillantes, ce qui fait varier la levée des soupapes. Ces machines sont munies des appareils de sécurité déjà indiqués ci-dessus pour celle de Courrières.

La *Société des Mines de Liévin* exposait une *machine d'extraction* verticale, à quatre cylindres, destinée à son puits n° 5 et cons-

(1) J. M. Bel : *loc. cit.*

truite par MM. Dubois et Cie, établie sur les mêmes principes que celle du puits d'Arenberg de la Compagnie d'Anzin. C'est une machine compound, ayant pour but de réaliser les avantages de la haute pression par détente, en conservant les facilités de manœuvre des machines ordinaires à deux cylindres.

Des machines compound avaient déjà été construites en Allemagne. Nous donnons ci-après la description et ci-contre la figure schématique *(Fig. 12)* de la machine des mines de Liévin.

Le type vertical, qui subit moins l'influence des affaissements, présente encore l'avantage d'éviter toute ovalisation des cylindres et des tiroirs, de réduire les frottements des pistons. La machine est prévue pour de la vapeur à 10 kg. Elle comporte, à la partie supérieure, deux cylindres à haute pression, accouplés, en tandem, et deux cylindres à basse pression.

Un modérateur, à tiroir plan, amène la vapeur aux cylindres à haute pression, qui échappent dans un réservoir intermédiaire, réchauffé par une circulation de vapeur vive. Un second modérateur, dont la tige de commande est commune avec le premier, règle l'arrivée de la vapeur du réservoir intermédiaire aux cylindres à basse pression.

Lorsque la machine est au repos, un détendeur de vapeur maintient, dans le réservoir, une pression voisine de 3 kg et réglable à volonté.

Les quatre tiroirs cylindriques, à segments, permettent, dans ce cas, une admission de 92 0/0 dans chacun des cylindres, et ainsi le mécanicien peut manœuvrer aussi facilement que s'il avait à conduire une machine à deux cylindres égaux.

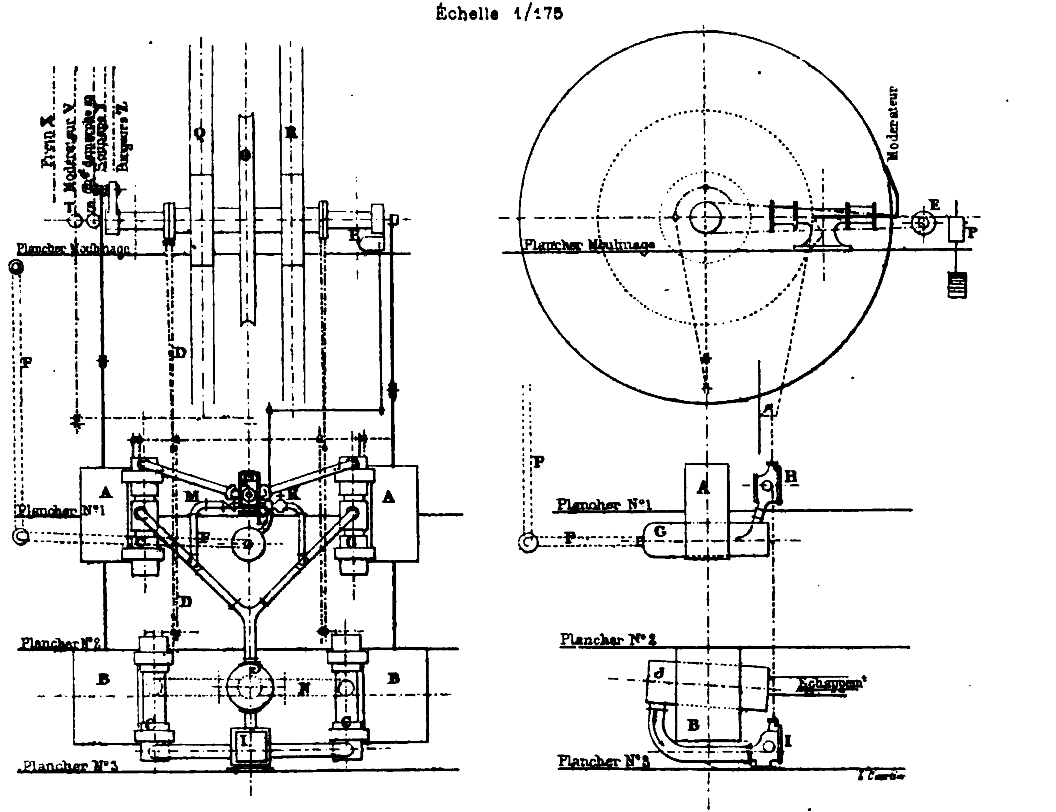
Dès que la machine se met en marche, un appareil de mise en détente fonctionne sous l'action de la force centrifuge. Après deux tours environ, l'arrivée de vapeur est coupée au détendeur, en même temps qu'un degré de détente déterminé et réglable est assuré aux quatre cylindres.

L'appareil de mise en détente est disposé horizontalement et commandé par une courroie de l'arbre de la machine. C'est une sorte de régulateur à axe horizontal, où il n'y a pas de masse à mettre en mouvement en dehors des quatre pendules. Les efforts antagonistes à la force centrifuge, sont obtenus par des ressorts.

On peut ainsi agir très rapidement et mettre de suite la machine à un régime économique.

Fig. 12- SCHÉMA DE LA MACHINE D'EXTRACTION A 4 CYLINDRES DE LA FOSSE N° 5 DES MINES DE LIÉVIN

Échelle 1/175



Légende.

A _ Cylindres à haute pression
B _ _ d° _ à basse pression
C _ Chapelles de distribution avec tiroirs de distribution et de détente
D _ Organes de distribution et de détente
E _ Régulateur force centrifuge axe horizontal
F _ Arrivée de vapeur
G _ Sécheur de vapeur
H _ Modérateur des petits cylindres
I _ _ d° _ grands cylindres
J _ Réservoir intermédᵉ avec réchauffᵉʳ pʳ vapeur vive
K _ Détendeur pour introduction de vapeur du ballon G au réservoir J.
L _ Valve équilibrée placée avant le détendeur
M _ Clapet de retour : (Communication de la vapeur d'admission avec l'échappᵗ)
N _ Échappᵗ cylindres basse pression
O _ Poulie de frein
P _ Cylindre de frein avec contre-poids
Q _ Bobine fixe
R _ _ d° _ folle
S _ Servo-moteur de changᵗ de marche
T _ _ d° _ des modérateurs
U _ Levier changement de marche
V _ _ d° _ pour manœuvre simultanée des modérateurs
X _ Levier de commande du frein
Y _ _ d° _ manœuvre à la main de la soupape d'introduction au détendeur
Z _ Levier pour manœuvre des purgeurs

La détente est réalisée par des tiroirs cylindriques à segments, qui se meuvent à l'intérieur des tiroirs de distribution.

Les tiroirs de détente reçoivent leur mouvement d'une petite coulisse, accolée parallèlement à la coulisse principale.

Lorsque la machine est au repos, les deux coulisseaux sont relevés par un servo-moteur à vapeur et liquide, en restant toujours du même côté de leur position moyenne.

Il en résulte que leur mouvement est de même sens.

Dès que les quatre pendules de l'appareil de mise en détente sont écartés, le coulisseau de la petite coulisse prend une position symétrique par rapport à la position moyenne ; le mouvement des tiroirs se fait alors en sens inverse et la vapeur est coupée par deux arêtes qui vont l'une vers l'autre.

La vitesse de fermeture, étudiée sur des pantins et d'après les diagrammes, est comparable à celle obtenue par déclic.

Lorsque le mécanicien, arrivant près du jour, ferme ses modérateurs, la machine ralentit, les pendules de l'appareil de mise en détente reprennent leur position de repos, et il y a de nouveau admission au détendeur.

On peut donc aborder le moment d'avant-manœuvre le plus important avec une puissance que l'on peut faire varier en faisant varier la pression au réservoir intermédiaire.

Les modérateurs étant fermés, les pistons des cylindres à haute pression aspirent sur le premier modérateur pour refouler au réservoir intermédiaire. Il y aurait ainsi un travail négatif ; de plus, pendant les arrêts, une modification de pression pourrait amener des mouvements intempestifs. Pour éviter ces deux inconvénients, on interpose une soupape entre le réservoir intermédiaire et la tuyauterie allant du modérateur haute pression aux petits cylindres.

Cette soupape se soulève dès que la pression est plus élevée du côté de l'échappement des petits cylindres et le travail de ces cylindres se trouve annulé.

En renversant le coulisseau pour marcher à contre-vapeur, les quatre cylindres agissent.

Si l'échappement a lieu à l'air libre, les grands cylindres aspirent de l'air qui est refoulé à travers des soupapes de sûreté dans le réservoir intermédiaire.

Les petits cylindres aspirent dans le réservoir intermédiaire et refoulent également à travers des soupapes dans les chaudières.

Si l'échappement se fait dans le condenseur, il peut se faire que le travail de compression de l'air raréfié aspiré soit insuffisant pour équilibrer le travail négatif des cages. Dans ce cas, il suffit que le mécanicien admette de la vapeur, en ouvrant convenablement son modérateur, pour rester complètement maître de l'allure de sa machine.

Les dimensions sont les suivantes :

Diamètre des petits cylindres. . .		760 mm
d°	grands cylindres . .	1,200 m
Course.		1,600 m

Les *Ateliers de construction de la Meuse et Sclessin* exposaient la photographie d'une *machine d'extraction* à distribution par soupapes.

Chapitre XV. — **Treuils, balances et monte-charges.**

Treuils.

Les *Forges et ateliers de la Chaléassière, de Biétrix, Leflaive et Cie* exposaient des photographies de leurs types de *treuils*, qui sont à vapeur ou à air comprimé.

Ces treuils sont munis de deux moteurs à distribution par tiroirs plans et à changement de marche par coulisse. Les moteurs actionnent deux plateaux-manivelles, calés à 90° sur un arbre qui commande deux tambours par un double harnais d'engrenages.

L'un des tambours est fou, pour le réglage du câble, et les deux vitesses du câble, dues au double harnais d'engrenages, varient de 100 à 200 m par minute.

Le frein à vapeur permet la manœuvre à bras. La position des bennes ou chariots est donnée par un indicateur à sonnerie. Il y a un appareil pour la manœuvre des purges et une mise en train par robinet régulateur, etc.

Le bâti est en chaudronnerie.

La *Société anonyme des Établissements Bracq-Laurent* exposait un *treuil à air comprimé.*

La *Compagnie des mines de Drocourt* exposait un *treuil à air comprimé* du système Cuvilliers.

La *Compagnie des mines de la Clarence* exposait un plan de son

siège d'extraction où figuraient deux *treuils* de secours pour chacun des puits.

M. *J. Cuvilliers* exposait un *treuil* de mines, du type couramment employé dans les mines de la région.

MM. *A. Fournier et fils* exposaient deux *treuils à vapeur et à air comprimé* dont voici la description :

1° L'un est de 160×160 mm et du type A. Il est composé du socle, pouvant se démonter en quatre parties, et de deux bâtis verticaux portant l'arbre moteur et l'arbre des tambours.

Les machines à vapeur ou à air comprimé sont indépendantes du treuil ; leurs cylindres sont fixés sur les deux parties extrêmes du bâti-socle ; ils commandent l'arbre moteur au moyen de bielles guidées par glissières. La distribution est du système ordinaire. Le changement de marche se fait au moyen d'un levier, commandant une coulisse de Stephenson pour chaque cylindre.

Un pignon, monté sur l'arbre moteur, commande un engrenage fixé sur l'arbre des tambours ; le rapport des engrenages est toujours de 1/5, afin de diminuer la vitesse d'ascension de la charge, qui est encore de 1,50 m par seconde. La denture de ces engrenages est à chevrons.

Ce type de treuil est muni de freins très puissants, agissant sur la poulie portée par l'arbre des tambours. Ces freins peuvent être de deux systèmes :

Le premier est à serrage ordinaire : il agit lorsque le mécanicien force avec le pied sur la pédale. Une colonne, dans l'intérieur de laquelle est une vis actionnée par un volant, permet de serrer le frein *à bloc ;* dans cette position, l'arrêt complet du treuil en charge est assuré. Un contrepoids desserre le bandage de frein sur la poulie, quand le mécanicien quitte le pied de la pédale ou qu'il desserre la vis de serrage.

Le deuxième genre de frein est appliqué au treuil exposé. Il est *normalement serré*, c'est-à-dire qu'il agit constamment sur la poulie, à l'aide d'un contrepoids. Aussi, en aucun cas, le treuil ne peut se mettre en marche sans la volonté du mécanicien, qui, pour ce faire, est obligé d'appuyer le pied sur la pédale, afin de soulever le contrepoids et obtenir le décollage du bandage de la poulie.

A 5 kg de pression dans les boites à tiroir, ce treuil peut développer une force de 16,7 ch, avec un rendement de 65 0/0. Il est donné pour 14 ch.

Ce type de treuil peut être établi avec une puissance variant de 7 à 60 ch, en comptant sur une pression de 5 kg dans les boîtes à tiroir;

2° L'autre treuil exposé est de 160 × 180, et du type R. Il est de la force nominale de 14 ch, à 5 kg de pression, et se compose de deux cylindres à vapeur ou à air comprimé. Les boîtes à tiroir sont inclinées de manière à placer les excentriques tout à côté d'une branche des manivelles.

Le changement de marche se fait au moyen d'excentrique à déplacement coulissant, du système Fournier.

L'arbre moteur porte un pignon à denture à chevrons, engrenant avec la roue montée sur l'arbre des tambours; cette roue est folle sur l'arbre, avec lequel elle est rendue solidaire au moyen d'un manchon à crans commandé par un levier à la portée du mécanicien. Pour remonter les charges, on embraye le manchon à crans sur la roue et on se sert des machines. Tandis que pour les descendre on peut débrayer le manchon; l'arbre seul des tambours est alors mis en mouvement avec toutes les pièces qu'il porte. Cela permet d'opérer la descente, sans le secours des machines, à l'aide du frein avec lequel on règle la vitesse à volonté.

Le frein spécial est à mâchoires et à vis. Il se compose de deux mâchoires, portant chacune un sabot en bois, articulées à leur partie inférieure sur deux axes disposés sur le bâti du treuil, et portant à leur partie supérieure une chape dans laquelle se trouve un écrou en bronze ayant deux tourillons qui viennent s'emmancher dans les flasques de la chape. L'un de ces écrous est fileté à droite, et l'autre à gauche. Une vis dont les extrémités sont filetées, comme les écrous, commande ces derniers, et serre ou desserre des deux mâchoires du frein. A l'un des bouts de cette vis est monté un levier portant un fort contrepoids. Le moyeu de ce levier est armé de petits crans s'emmanchant dans des crans analogues pratiqués dans une surépaisseur de la vis. Cela permet de rattraper le jeu provenant de l'usure des sabots.

Ce frein est normalement serré. Pour mettre le treuil en marche, le mécanicien est obligé de soulager le contrepoids au moyen d'une chaîne, passant sur une poulie de renvoi et attachée à l'extrémité du levier de contrepoids.

Ce type de treuil comprend des modèles dont la puissance varie de 5 à 40 ch. Il a été étudié spécialement pour que, après avoir simplement enlevé l'arbre des tambours, les dimensions

de la partie restante permettent son introduction dans l'espace d'une cage. Cela permet de descendre les appareils au fond de la mine, en évitant un nouveau montage.

Ces treuils comportent un bâti en fonte robuste, ne formant qu'une seule pièce avec les paliers des arbres, pouvant se monter sur essieux et roues à la demande de la voie, ce qui permet de les faire circuler dans les galeries, ou, en enlevant les trains de roues, de les rendre fixes et les sceller au massif de maçonnerie au moyen de boulons.

La même maison exposait encore :

3° Un *treuil sur chariot roulant*, destiné aux têtes des plans inclinés. Il peut être soit disposé avec une poulie Champigny horizontale, soit avec un tambour ou une poupée, et il peut desservir deux trains de wagonnets, l'un montant, l'autre descendant.

Il est muni d'un changement de marche et d'un frein de grande puissance, actionné au pied par le mécanicien, ou, au besoin, par une vis de sûreté, *commandée par un volant*.

M. *L. Galland* exposait deux types de *treuil à vapeur* et à air comprimé.

L'un était de la force de 15 ch avec une pression effective de 3-5 à 4 kg. Il est à deux cylindres horizontaux, dont les manivelles sont calées à 90 degrés sur l'arbre moteur. Les cylindres ont 180 mm d'alésage et les pistons 180 mm de course.

L'un des moteurs commande le tiroir de distribution de l'autre moteur; le tiroir de changement de marche, manœuvré par un levier, renverse le courant de vapeur ou d'air comprimé.

Les paliers de l'arbre moteur et de l'arbre des tambours sont venus de fonte avec le bâti, qui supporte les cylindres avec les organes de commande et de distribution.

Le treuil est à deux tambours qui sont placés de chaque côté du bâti.

Pour le réglage des câbles, un des tambours peut être rendu fou; l'autre tambour porte le frein à pédale.

Ce treuil est monté sur roues, et peut se démonter en deux parties; l'une formée du bâti et des cylindres, l'autre des tambours avec leur arbre et la distribution; elles peuvent entrer dans une cage.

La série comprend deux autres numéros de 8 et 25 ch ; les trois numéros sont employés pour les plans inclinés.

L'autre treuil est de la force de 5 ch, avec un seul cylindre et à distribution par un tiroir ordinaire à recouvrements, com-

mandé par un excentrique placé sur une contre-manivelle en bout de l'arbre moteur.

Le cylindre a 140 mm d'alésage et le piston 140 mm de course.

Le changement de marche est produit par un volant, placé en bout de l'arbre, et permettant à l'excentrique de faire un demi-tour.

Il porte un tambour horizontal ou vertical, une poulie Champigny, une noix pour chaîne à maillons, etc.

La série comprend, en outre, trois numéros de 10, 15, et 20 ch.

Ces treuils pouvent soulever des charges de 650 à 2600 kg, avec des vitesses de 30 à 40 m par minute.

La *Société nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* exposait des *treuils* à vapeur de 30, 25, 15, et 8 ch. Ces treuils sont avec freins à serrage normal par contrepoids, desserrage par pédale et serrage supplémentaire à la main, changement de marche par coulisse, sauf dans le treuil de 8 ch, qui est muni d'un tiroir d'inversion.

Les *Constructions générales Kainscop et Cie*, exposaient un *treuil* d'extraction sur roues.

Balances et monte-charges.

La *Société des Mines de Carvin* exposait en réduction une *balance hydraulique* pour le chargement d'une cage à trois étages de la fosse n° 2 *(fig. 13)*.

La recette du niveau 240 ayant dû être transportée au niveau 290, comme la bowette aboutissant à l'accrochage était déjà faite et qu'il n'était pas possible, par suite d'une forte venue d'eau, d'approfondir la fosse pour permettre l'emploi de taquets hydrauliques, on a tourné la difficulté en se servant d'une balance.

Lorsque la cage est au fond du puits, son étage intermédiaire est au niveau de la bowette et chargé directement.

Pour charger les deux autres étages, cette balance, établie à côté du puits, et actionnée par l'eau du cuvelage, remonte deux berlines pleines et en descend deux pleines en même temps : il n'y a que l'inertie à vaincre. Pour les berlines vides, le travail est analogue, mais le mouvement est inverse.

L'eau utilisée ainsi est emmagasinée à 140 m au-dessous du niveau du sol, dans une bâche de 1 m³, placée dans une excavation

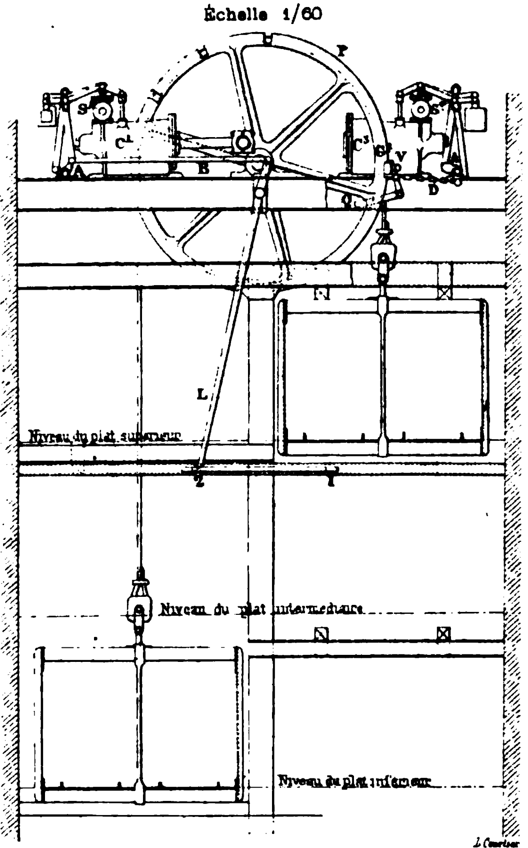
de la maçonnerie de la fosse. Un robinet l'alimente et prend l'eau derrière le cuvelage. A 10 cm au-dessous du bord de la bâche, est un tuyau de trop-plein qui envoie au puisard l'eau en excès.

Pour la mise en mouvement de cet appareil, l'ouvrier amène le levier L dans une des positions 1 ou 2, suivant qu'on opère le chargement ou le déchargement de la cage.

Fig.13

BALANCE HYDRAULIQUE DES MINES DE CARVIN

Échelle 1/60



Sur la figure, les cages sont à fond de course, et les berlines pleines, aux niveaux supérieur et inférieur de la cage.

La manœuvre du levier de droite à gauche produit la fermeture de la soupape d'admission du cylindre de gauche et l'ouverture de celle d'échappement; pour le cylindre de droite, le mouvement produit a été inverse. En même temps, la poulie a

tourné dans le sens de la flèche et les cages ont été amenées dans la poulie de la figure.

La manœuvre du levier de gauche à droite, produit la fermeture des soupapes ouvertes précédemment, et réciproquement, la poulie tournant en sens inverse, les cages sont ramenées au niveau intermédiaire.

L'équilibre des cages à l'extrémité de leur course, est assuré par un verrou V, qui se loge dans une des cavités G_1 ou G_2, suivant que les cages sont aux niveaux extrêmes ou intermédiaires, pratiqués sur la jante de la poulie. Pendant le mouvement, le verrou frotte sur la jante, et quand l'échancrure se présente, il s'y engage, par l'effet du contrepoids Q.

A la mise en marche, la chaîne D, reliée à l'axe de commande générale A des leviers de soupapes, permet de retirer le verrou de l'échancrure.

La comparaison des résultats obtenus entre cette balance et les taquets hydrauliques, a montré qu'avec ceux-ci, on peut encager 220 berlines à l'heure tandis qu'avec celle-là, on peut en encager 300.

La balance exige un chargeur de plus au plat de l'accrochage de l'étage supérieur. Ausi le prix de revient de la tonne est-il résulté légèrement supérieur. Il a été :

Avec les taquets. . . . . de 0,050 f.
Avec la balance . . . . . de 0,054 f.

Si on fournissait assez de berlines à la balance, son prix de revient serait inférieur à celui des taquets.

Les *Ateliers Abel Pifre* exposaient un *monte-charge* à courroie avec suspension par chaînes Galle, ou câbles, pouvant être actionné soit hydrauliquement, soit à l'air comprimé.

Chapitre XVI. — **Machines d'extraction électriques.**

L'exposition d'Arras marque une date au point de vue de l'apparition, en France, de grandes machines d'extraction à commande électrique.

Ce sont en effet de véritables machines d'extraction qu'exposaient, non seulement la Compagnie des Mines de Ligny-lez-Aire, mais aussi celle des Mines de Lens.

La *Société des Mines de Lens* exposait une installation complète

d'extraction électrique, destinée à la fosse n° 10 (*Pl.113, fig. 6 à 12*), à laquelle un groupe électrogène, établi par la Société de Westinghouse fournissait l'énergie nécessaire.

Le *treuil d'extraction* a été construit par la *Société alsacienne de constructions mécaniques*. Il est formé des parties suivantes :

1° Un transformateur abaissant la tension du courant triphasé à 50 périodes produit par le groupe Westinghouse de 5 000 volts à 200.

2° Un moteur triphasé à 200 volts 50 périodes, d'une puissance de 70 kilowatts à 580 tours par minute ;

3° Un harnais Grisson, rapport 1/15, tournant dans un carter contenant l'huile de graissage. Le moteur et le harnais sont réunis par un accouplement Zodel;

4° Un treuil proprement dit.

Le treuil se compose de deux bobines, l'une fixe, l'autre folle, calées sur l'arbre principal : leur estomac en deux parties a permis de fixer le câble directement sur l'arbre.

La poulie des freins, placée entre les bobines, comporte deux gorges, recevant l'une, l'action d'un frein de sécurité, l'autre celle d'un frein de manœuvre. Ces deux freins à sabots sont identiques ; chacun d'entre eux est suffisant pour maintenir une cage chargée au fond du puits sans équilibrage et pour produire l'arrêt brusque du travail en une seconde, soit une course de câble de 4 m environ. Ces freins sont soumis à l'action de solénoïdes qui les maintiennent desserrés tant que le courant les traverse. Si le courant vient à manquer sur la ligne ou si l'indicateur de position dépasse la position correspondant à la recette, le courant est interrompu dans les solénoïdes et les freins sont bloqués. L'indicateur de position, muni d'un signal acoustique, est commandé par l'arbre des bobines.

Les appareils électriques comprennent : un interrupteur tripolaire 5000 volts, un coupe-circuit tripolaire 5000 volts, un rhéostat de démarrage, un commutateur de changement de marche, un interrupteur automatique bipolaire de fin de course, un ampèremètre, un voltmètre, un indicateur de sens de travail composé de quatre lampes branchées sur un relais, branché lui-même sur une phase, et qui indique si le couple résistant du treuil est positif ou négatif.

La *Compagnie des Mines de Ligny-lez-Aire* exposait une *machine d'extraction électrique* destinée au siège de la Tiremande et qui a

été étudiée par la *Société anonyme d'électricité* (anc. Lahmeyer et Cie).

Comme il a été dit, elle est montée directement au-dessus du puits, sur le chevalet lui-même. On évite ainsi la construction du bâtiment destiné à abriter la machine d'extraction et les coûteuses fondations qu'elle comporte, mais non pas sans augmenter sensiblement l'importance du chevalement *(Pl. 113, fig. 13 et 14)*. Cette disposition avait déjà été tentée pour les moteurs d'extraction à vapeur, mais sans succès.

La machine d'extraction est du système *Koepe(Pl. 113, fig. 15)*, la poulie principale a 4 m de diamètre ; une poulie de renvoi, également de 4 m de diamètre, placée dans le même plan vertical et reposant sur un plancher situé à 4,20 m en contre-bas du plancher principal, permet de ramener à 1,10 m la distance d'axe en axe des cages. Le câble rond en acier a 35 mm de diamètre ; les cages sont à deux étages et leurs planchers sont réunis par un câble d'équilibre.

L'arbre supporté par deux paliers porte la poulie principale et de part et d'autre en porte-à-faux, les induits de deux moteurs à courant continu. Ces moteurs, d'une puissance de 250 ch, sont à 16 pôles, leur excitation est constante et est prise aux bornes du réseau de la centrale (500 volts) ; leurs induits sont montés en série. Ils font 38 tours par minute, pendant l'extraction (vitesse du câble 8 m), 19 tours pendant la circulation du personnel (vitesse 4 m) et 3/4 de tour pendant la visite du puits (vitesse 0,25 m).

La machine est établie pour pouvoir extraire de 400 m de profondeur, 105 t de charbon à l'heure. La charge utile étant de 2200 kg répartis en quatre berlines de 550 kg, il y a lieu de faire 48 traits à l'heure ; la durée d'encagement et de décagement étant de 15 secondes, chaque trait doit donc durer 60 secondes. Dans ces conditions, la puissance demandée à la centrale qui, à la fin de la période d'accélération, serait d'environ 600 ch, tombe pendant la période de régime (vitesse 8 m), environ à 300 ch pour devenir nulle pendant les périodes de freinage et d'arrêt.

Pour éviter de faire supporter de pareils chocs à la centrale, la Société *Lahmeyer* a installé un groupe-tampon qui sert simultanément au démarrage et à la conduite de la machine, et à maintenir constante la charge de la centrale. Ce groupe tampon comprend : une dynamo dite de démarrage, un moteur, un

survolteur-dévolteur calé sur le même arbre sur lequel est monté un volant.

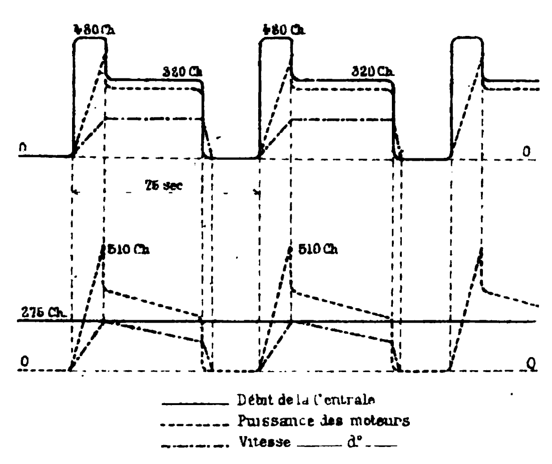
La dynamo de démarrage peut donner un voltage égal à celui du réseau alimenté par la centrale, soit 500 volts ; son induit est monté en tension avec les induits des moteurs d'extraction. Son excitation prise en dérivation sur le réseau, est munie d'un rhéostat inverseur qui permet de faire varier la tension à ses bornes, de — 500 volts à + 500 volts, et par suite la tension appliquée aux bornes des moteurs de 0 à 1 000 volts ; on obtient ainsi toutes les vitesses de 0 à 8 m par seconde. Le rhéostat-inverseur, qui se trouve au niveau du plancher de la poulie de renvoi, a la forme d'un controller et est manœuvré du plancher supérieur par un levier de commande. On voit donc que la mise en marche et le réglage de la vitesse s'obtiennent en agissant sur le circuit d'excitation de la dynamo de démarrage, c'est-à-dire sur un circuit parcouru par un courant très faible.

Le moteur est monté en série avec le survolteur-dévolteur, l'ensemble étant monté en dérivation sur le réseau. L'excitation du moteur est constante et est prise aux bornes du réseau. Un rhéostat inverseur est intercalé dans le circuit d'excitation du survolteur pris également en dérivation sur le réseau ; le voltage de ce survolteur peut donc s'ajouter ou se retrancher du voltage du réseau ; la tension appliquée aux bornes du moteur augmente ou diminue d'autant ; il en résulte une variation de la vitesse du moteur et par conséquent du groupe-tampon de + ou — 30 0/0 de la valeur normale. Le volant viendra donc en aide à la centrale quand sa vitesse diminuera, et il emmagasinera de l'énergie quand sa vitesse augmentera. Le rhéostat inverseur est commandé par un électro-aimant parcouru par le courant total demandé à la centrale par la machine d'extraction, de telle façon que, quand ce courant augmente (période d'accélération), la vitesse du groupe-tampon est abaissée, et qu'au contraire, quand le débit diminue (période de freinage et d'arrêt), la vitesse est augmentée *(Fig. 14)*.

Le volant est plein et pèse 3 000 kg. Il est en acier forgé et tourné soigneusement sur toutes ses faces. Son diamètre est d'environ 3 m et, le groupe-tampon tournant normalement à 500 tours par minute, la vitesse périphérique est de 75 m par seconde. Un frein électro-mécanique a été prévu pour arrêter le groupe-tampon. Il fonctionne automatiquement quand un défaut se produit dans les paliers.

D'après les constructeurs, le débit de la centrale reste constant quelle que soit la position des cages dans le puits. S'il en est ainsi, l'emploi d'un pareil groupe-tampon réalise un progrès

Fig. 14. - MACHINE D'EXTRACTION ÉLECTRIQUE DES MINES DE LIGNY-LEZ-AIRE



sensible sur les systèmes appliqués jusqu'à ce jour aux machines d'extraction électriques.

La machine est complétée par une série de dispositifs ingénieux de commande, de contrôle et de sécurité.

La partie électrique de la machine d'extraction a été construite par les ateliers de la *Société anonyme d'électricité Lahmeyer*, la partie mécanique par les *Forges, usines et fonderies de la Haine Saint-Pierre*.

CHAPITRE XVII. — **Treuils et monte-charges électriques.**

TREUILS.

La *Société alsacienne de constructions mécaniques* exposait des photographies de *treuils d'extraction électriques*, à savoir :

1° Celui des mines de Carmaux qui est à courant triphasé de 5 000 volts ;

2° Un moteur triphasé de 5 000 volts hermétique pour mines grisouteuses ;

3° Un moteur triphasé pour mines, avec stator et rotor démontables, de 600 ch de puissance, 3 000 vol ts, 120 tours;

4° Un moteur triphasé de 200 ch, à 120 tours, établi aux mines de la Péronière, de Rochebelle et de Saint-Etienne.

Les *Forges et ateliers de la Chaléassière, de Biétrix, Leflaive et Cie* exposaient des photographies de leurs *treuils électriques* pour travaux de fonçage ou d'exploitation, plans inclinés, élévations, etc.

La *Société anonyme des anciens Établissements Bracq-Laurent* exposait un *treuil électrique* avec rhéostat de démarrage et changement de marche.

MM. *A. Fournier et fils* exposaient les plans d'un *treuil de mines* à commande électrique de 65 ch; l'arbre de la dynamo porte à une de ses extrémités un pignon en acier moulé ou en cuir, à denture droite taillée à la machine. Il actionne une roue dentée et taillée, montée sur un arbre intermédiaire, portant un pignon à chevrons qui commande l'engrenage calé sur l'arbre des tambours.

On peut rendre fou sur son arbre le pignon à chevrons, dans le cas où, pour descendre les charges, on voudrait ne se servir que du frein puissant prévu à cet effet : sur une colonne *ad hoc* est monté un débrayage par manchons à crans, qui est commandé par un levier et qui glisse sur l'arbre et la clavette d'entraînement.

Le changement de marche est, soit électrique, à l'aide du rhéostat de mise en marche de la dynamo, qui peut être reversible, soit mécanique, par engrenages cônes, commandés par frictions coniques.

On peut établir ce treuil avec 2, 3 ou 4 rapports d'engrenages, pour diminuer, suivant les cas, la vitesse d'ascension de la charge et en augmenter le poids.

M. *L. Galland* exposait deux *treuils électriques*, à deux tambours, l'un de 30 ch, l'autre de 12 ch.

Le premier est actionné par un moteur Alioth, avec démarreur inverseur construit par la *Société d'Applications industrielles*. Il peut enlever verticalement une charge de 1 100 kg, avec une vitesse d'enroulement de 60 à 120 m.

Les tambours ont 800 mm de diamètre et sont placés à 800 mm de distance; l'un d'eux peut être rendu fou par le réglage des câbles; l'autre porte la poulie du frein qui est à pédale et à serrage normal par contrepoids.

La réduction de vitesse est obtenue par un double harnais d'engrenages. Le premier harnais est à denture taillée et divisée;

un manchon d'accouplement semi-élastique est interposé entre le moteur et le pignon.

Le treuil est monté sur bâtis-paliers en fonte, réunis par des entretoises, dont l'une sert de socle au moteur.

M. L. Galland exposait, en outre, les dessins d'ensemble du treuil d'extraction électrique de 170 ch construit pour la Compagnie des Mines de la Touche, et qui a été étudié de concert avec la Société d'Applications industrielles, en ce qui est de la partie électrique.

La *Société Nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* exposait un *treuil électrique* pour plan incliné à double voie, de 20 ch, à changement de marche, muni d'un moteur Alioth et Elisson.

La *Société houillère de Liévin* exposait un *treuil électrique de fonçage* de 100 ch à deux bobines.

Ce treuil, construit par MM. *A. Fournier et fils*, est destiné au fonçage du puits n° 3 du siège n° 3 de cette Compagnie, qui possède une distribution électrique en courant continu sous 500 volts. Il est à câbles plats pouvant enlever, à la vitesse moyenne de 4 m. par seconde, une charge totale de 1 500 kg et de 1 000 kg utiles, de 700 m de profondeur. Les câbles pèsent 3 kg le mètre et ont 15 mm d'épaisseur.

Le treuil de fonçage proprement dit comprend deux bobines dont l'une peut être rendue folle par l'enlèvement de deux clavettes pour le réglage des câbles. Deux poulies-freins, dont l'une est solidaire de la bobine folle, peuvent maintenir l'arrêt, solidairement ou séparément, par deux freins à bande-ruban garnis de bois, normalement serrés par des contre-poids qui sont soulevés, un peu avant la mise en marche, au moyen de puissants électro-aimants et, à défaut de ceux-ci, par une pédale. La bande de frein est supportée par un cercle avec ressorts pour empêcher son frottement pendant la marche.

Le treuil est actionné par deux moteurs identiques, chacun d'une puissance de 30 kilowatts; leurs induits sont montés en série, et la différence de potentiel appliquée aux bornes de chacun d'eux peut varier de 0 à 500 volts; leur excitation est prise sous potentiel constant.

Les deux moteurs commandent chacun, par pignon en cuir vert et roue en fonte à denture taillée, un arbre intermédiaire qui actionne l'arbre du treuil par engrenages à denture à chevrons en acier coulé.

Le démarrage et la conduite du treuil s'obtiennent en faisant varier la tension aux bornes des moteurs du treuil, par le procédé bien connu du groupe survolteur-dévolteur.

Les appareils de manœuvre se réduisent à un seul levier qui, poussé en avant ou en arrière, donne la marche dans un sens ou dans l'autre; les appareils de sécurité et de contrôle comprennent, en dehors des ampèremètres et voltmètres et d'un évite-molettes : un disjoncteur à maxima, un interrupteur de secours, un indicateur de profondeur ou de position des cages, lequel est relié mécaniquement au levier de manœuvre et à l'interrupteur de secours, et deux freins à ruban fonctionnant par défaut de courant.

L'agencement de ce matériel mérite d'être donné avec détail :

Sur une colonne d'environ 3,20 m de hauteur est fixée une échelle de 2 m dont les graduations indiquent la profondeur; deux vis peuvent déplacer chacune un écrou curseur : l'un monte pendant que l'autre descend; les deux vis sont commandées, au moyen d'une série d'engrenages, par l'arbre des bobines du treuil; un support peut être déplacé sur l'échelle avec ses deux leviers et leur axe. Ces deux leviers sont reliés rigidement par des tringles et leviers d'équerre à deux autres leviers montés sur l'axe du levier de manœuvre, de sorte que ce dernier étant dans une position quelconque en dehors de la position d'arrêt, sera toujours ramené automatiquement à l'arrêt par les écrous curseurs à fin de course.

Sur l'axe du levier de manœuvre est, en outre, fixé un secteur denté commandant par l'intermédiaire d'un pignon, d'une manivelle et d'une bielle, le rhéostat inverseur réglant l'excitation du dévolteur-survolteur. Le levier de manœuvre actionne, en outre, l'inverseur du courant des induits des deux moteurs du treuil. L'arrêt automatique qui doit se produire au moment où le tonneau descendant arrive à 3 m au-dessus des ouvriers, est obtenu par un cliquet, disposé sur le curseur, qu'un ressort maintient, et qui agit sur une roulette. Pour achever les manœuvres de descente et de mise d'avau du câble, le cliquet peut être repoussé par le mécanicien, de façon à supprimer pour quelques instants l'automaticité.

L'interrupteur de secours du courant principal est monté en haut de la colonne; les écrous curseurs, en atteignant un point supérieur à la hauteur normale, le font déclencher et évitent ainsi une mise aux molettes.

Dans le cas où l'un des moteurs ferait défaut, l'autre peut continuer à assurer un certain service; mais, dans ce cas, un verrou empêcherait le levier de manœuvre de dépaser la position de la demi-vitesse, et il n'y aurait plus de survoltage.

Pour avoir une sécurité plus grande dans la premièré moitié du puits, en particulier dans les premiers 100 m (période de cuvelage), on a prévu plusieurs échelles de divisions de l'indicateur de profondeur. Avec la première, la longueur de 2 m est divisée en 100 parties inégales (spires du câble) et servira de 0 à 100 mètres. Avec la deuxième, la longueur est divisée en 200 parties inégales et servira de 0 à 200 m, et ainsi de suite de 0 à 700 mètres. L'échelle est donc divisée en 700parties. On évite ainsi, dans une grande partie du fonçage, d'avoir les faibles échelles de la fin, étant donné d'ailleurs que ce treuil, étudié pour aller à 700 mètres, ne foncera pas la partie inférieure en dessous de 400 mètres, celle-ci devant être creusée par les étages en exploitation, la dernière échelle, ne devant servir qu'à l'extraction, n'aura plus l'importance de sécurité des premières, qui s'appliquent au fonçage.

Pour la variation de vitesse du curseur correspondant aux différentes échelles, un cône d'engrenages à sept étages a été ménagé; toutes les fois que l'on change de plaque, il faut placer un pignon sur la roue de la vitesse correspondante.

C'est la *Compagnie générale d'Électricité de Creil* qui a construit la partie électrique de ce matériel.

MM. *Sautter, Harlé et Cie* exposaient la photographie d'un treuil d'extraction actionné par un moteur à courant continu.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait un treuil électrique pour plans inclinés, construit par la maison Nicolas et Triquet.

Il est actionné par un moteur Boucherot, type γ, triphasé, à 2 enroulements, d'une puissance de 11 ch, qui marche sous 120 volts 50 périodes et fait 1 430 tours.

Monte-charges.

La *Compagnie des Mines de Bruay* exposait un *treuil électrique pour monte-charges*.

Ce treuil (*Pl. 113, fig. 16 et 17*), construit par la Société d'Éclairage et d'Applications électriques, est destiné à un monte-charges

à deux cages. La charge utile maximum est de 900 kg, et la vitsse de 0,50 m par seconde.

Le treuil à engrenages droits comporte une plaque de fondation en fonte, sur laquelle sont fixés le moteur électrique e les réducteurs de vitesse. Le moteur est d'une puissance normale de 9 ch à la vitesse de 950 tours à la minute; il est à enroulement Shunt 500 volts. Sur l'arbre de ce moteur est calé un pignon en cuir vert avec monture en acier à broches d'entraînement. Ce pignon engrène avec un engrenage en fonte taillé calé sur l'arbre intermédiaire qui tourne à 180 tours et attaque, par un double train d'engrenages, l'arbre de levage tournant à 47 tours.

Sur cet arbre de levage est calée une roue pour chaîne-galle de 204 mm de diamètre, à 12 dents, travaillée pour recevoir une chaîne-galle à quadruples mailles évidées du pas de 52,8 mm et d'un résistance à la rupture de 12 t. Une seconde roue pour chaîne-galle identique à la première est montée sur un arbre de renvoi dont les paliers sont également fixés sur la plaque de fondation du treuil et disposée de façon que les deux brins verticaux de la chaîne-galle soient à 1,100 m d'écartement. Tous les paliers sont à graissage automatique à bains d'huile.

Étant donnée la nécessité d'obtenir des arrêts très brusques et très précis, et pour épargner au moteur et aux engrenages les à-coups qui en résultent, il a été interposé sur l'appareil un limitateur à force réglable. A cet effet, les deux pignons de l'arbre intermédiaire, solidaires de la poulie de frein, sont calés sur une douille folle sur l'arbre. Cette douille est rendue solidaire de l'arbre au moyen de deux cônes de friction en bronze prenant appui sur des contre-cônes en acier. Le serrage est donné au moyen d'une série de rondelles Belleville et il est réglé au moyen d'un écrou. Grâce à ce dispositif, si les cages sont arrêtées brusquement par des taquets de butée, le moteur et son train d'engrenages ont ainsi une liberté relative par rapport aux cages.

La poulie de frein placée sur l'arbre intermédiaire est bloquée par une bande de frein en acier, solidaire d'un levier muni d'un contrepoids à coulisse; ce levier est relié aux armatures mobiles de deux électros à grande course et grande puissance placés en opposition. L'électro supérieur, qui soulage le frein, est parcouru par le courant de l'induit du moteur et, par conséquent, desserre la lame quand on lance le courant dans l'induit; son action cesse et le contrepoids serre la lame dès que le courant est coupé dans

l'induit. Le second électro est parcouru par le courant de mise en court-circuit de l'induit sur faible résistance au moment des arrêts, et son effet vient alors s'ajouter à celui du contrepoids pour augmenter le serrage du frein et, par conséquent, la rapidité et la précision de l'arrêt.

L'équipement électrique du treuil comporte : un tableau placé dans la cabine supérieure et portant un coupe-circuit bipolaire; un disjoncteur à maximum; un interrupteur à rupture lente sur charbon, qui, en outre du courant principal, commande l'excitation du moteur et ne doit être ouvert qu'en cas d'arrêt prolongé de l'appareil; un appareil de démarrage placé à la main du machiniste; deux interrupteurs d'extrémité de course.

L'appareil de manœuvre est utilisé seulement pour la mise en mouvement du treuil, les arrêts étant faits automatiquement par les interrupteurs d'extrémité de course. Cet appareil peut néanmoins et exceptionnellement, servir à l'arrêt en cas d'accident. Il porte les plots nécessaires de freinage électrique.

Les interrupteurs d'extrémité de course sont à bascule avec contacts en charbon, maintenus fermés sous l'action d'un poids relié à l'interrupteur par un câble souple en fil d'acier; ce poids coulisse sur le guidage, et on règle la longueur du câble de suspension de façon qu'il soit soulevé par la cage au moment voulu. Le mouvement de bascule de l'interrupteur coupe le courant et produit le freinage.

Lorsque le treuil s'est arrêté par suite de l'arrivée de la cage à sa course supérieure, il ne peut plus être mis en route qu'en sens inverse. En cas de rupture intempestive du courant pendant la marche, par fusion des plombs ou autre cause, le courant étant interrompu dans l'électro supérieur, le contrepoids serre les freins et les cages sont immobilisées.

La *Société anonyme Westinghouse* exposait des photographies d'*engins de levage* et de *machines de mines*, de 100 à 600 volts.

CHAPITRE XVIII. — **Télégraphie et téléphonie souterraines.**

SIGNAUX.

La *Compagnie des Mines de houille de Marles* exposait un *téléphone haut-parleur*, du système Siemens et Halske, destiné à faire communiquer les travaux du jour avec ceux du fond, ainsi que les

divers étages et accrochages entre eux. Ce téléphone est spécialement construit pour résister à l'humidité.

MM. *Rousselle* et *Tournaire* exposaient des transmetteurs d'ordres, appelés aussi *télégraphes de mines*, et qui sont aussi du système Siemens et Halske. Ces appareils permettent d'envoyer et de recevoir un certain nombre de commandements spéciaux, inscrits dans les secteurs d'un cadran, devant lequel se meut une aiguille. Ils sont généralement combinés avec des sonneries qui avertissent de la transmission d'un ordre, et qui servent souvent de contrôle ou d'accusé de réception ; d'autres fois ils sont établis pour que l'on puisse à volonté employer ou les sonneries seules ou les transmetteurs d'ordres et les sonneries simultanément.

La partie électrique est formée de six bobines disposées en cercle, et dont le noyau porte un prolongement radial ; chaque bobine constitue avec celle qui lui est diamétralement opposée un électro aimant ; il y a donc trois électros qui sollicitent tour à tour une palette montée sur un axe vertical. Si l'on fait tourner la manette du commutateur, chacun des trois électros sera excité à son tour par le courant de la source, et la palette sera sollicitée à se placer successivement devant les armatures de chaque électro parcouru par le courant ; la palette tournera donc dans un sens ou dans l'autre, suivant le sens dans lequel on fera tourner la manette du commutateur. A chaque émission de courant, une sonnerie intercalée dans le circuit émettra un court tintement.

Les appareils peuvent être actionnés par une batterie d'accumulateurs ou de piles sèches ou, de préférence, par le courant même de la dynamo de l'éclairage.

Dans l'*installation de deux postes transmetteurs et récepteurs* chaque poste comporte deux ensembles d'appareils identiques : le système électrique avec cadran et aiguille, le commutateur à manette et une sonnerie. L'installation de deux postes à la fois transmetteurs et récepteurs comporte huit fils dont un sert de réserve.

Lorsqu'un poste envoie un ordre déterminé, en faisant faire à la manivelle de son appareil le nombre de tours correspondant, l'aiguille de l'autre appareil vient se placer sur l'ordre donné, en même temps que les sonneries des deux postes retentissent et avertissent, au poste transmetteur, que l'ordre est bien transmis, et au poste récepteur que l'on transmet un ordre. Pour le contrôle, le poste récepteur répète exactement l'ordre donné, ce

qui a pour effet d'amener l'aiguille du premier poste sur l'ordre qu'il a primitivement donné. Les deux postes peuvent ensuite ramener les aiguilles à la première division sans inscription qui sert de zéro, et les appareils sont prêts pour la transmission de nouveaux ordres.

Les sonneries sont de préférence des sonneries à-coups, et le tout est établi de façon que chaque sonnerie émette un seul coup de timbre par tour de manivelle, c'est-à-dire par chaque

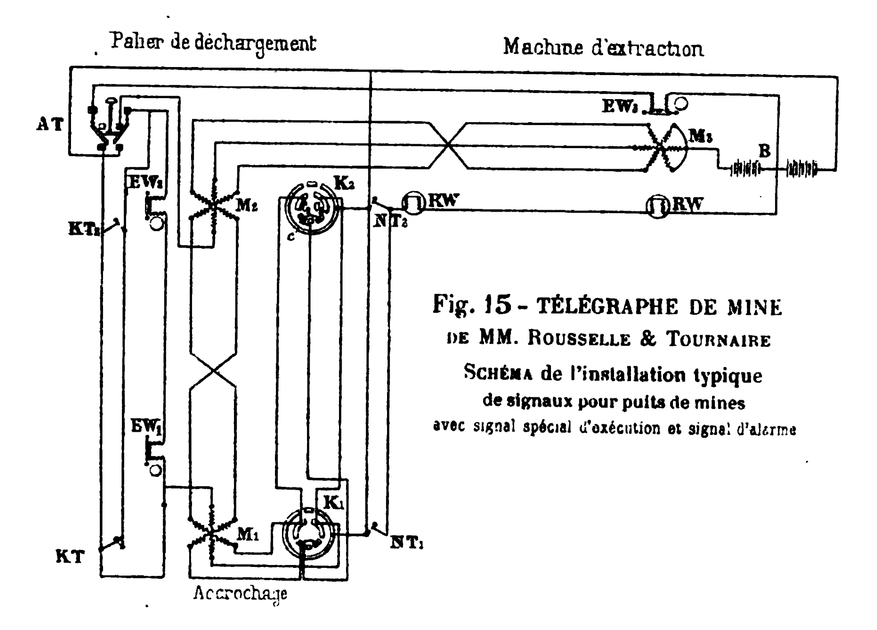


Fig. 15 - TÉLÉGRAPHE DE MINE DE MM. ROUSSELLE & TOURNAIRE
SCHÉMA de l'installation typique de signaux pour puits de mines avec signal spécial d'exécution et signal d'alarme

secteur que parcourt l'aiguille ; ainsi, si l'on transmet l'ordre n° 5, les deux sonneries émettront cinq coups de timbre.

Une *installation type pour puits de mines* a trait aux communications entre les accrochages, la recette du jour et la salle des machines. Elle comprend :

A la salle des machines, un appareil à cadran simplement récepteur monté sur colonne, où sont fixées une sonnerie à-coups et une sonnerie trembleuse d'alarme.

A la recette du jour, l'appareil à cadran est transmetteur et comporte : une sonnerie à-coups, une sonnerie trembleuse d'alarme, une clef de court-circuit du circuit général des sonneries à-coups, une clef d'exécution, un bouton d'alarme, peint en rouge, et une boîte étanche d'entrée des câbles.

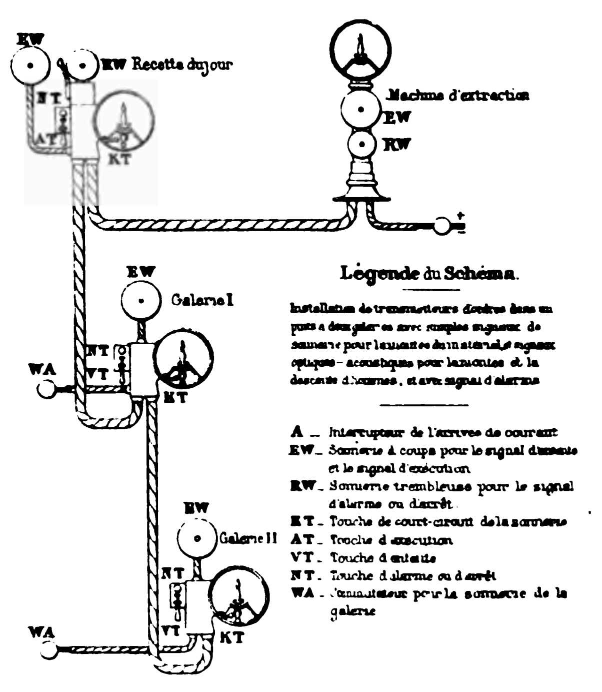
Le poste de chaque accrochage comporte : l'appareil trans-

metteur à cadran, une sonnerie à-coups, une clef d'entente, un bouton d'alarme peint en rouge, une boîte d'entrée de câble et un commutateur, pour mettre hors circuit la sonnerie de la galerie qui n'est pas en service.

Cette installation permet de réaliser (*fig. 15* et *16*) les signaux suivants :

1° Des *signaux acoustiques simples en cas d'extraction du matériel.* — Si par exemple l'on veut transmettre de l'accrochage I un si-

Fig. 16 - TÉLÉGRAPHE DE MINE
DE MM. ROUSSELLE & TOURNAIRE



gnal représenté par cinq coups de timbre, on appuiera cinq fois à l'accrochage, sur la clef et les deux sonneries à-coups de la galerie I et de la recette du jour émettent cinq coups de timbre; le préposé à la recette du jour appuie alors cinq fois sur la clef d'exécution et les trois sonneries à-coups de la galerie I, de la recette du jour et de la salle de la machine émettent cinq coups de timbre.

On a ainsi atteint un triple but : le machiniste a reçu le signal d'exécution, l'ouvrier accrocheur du fond est prévenu que

le signal d'exécution est donné et le préposé à la recette du jour peut contrôler la transmission du signal.

2° Des *signaux acoustiques et optiques en cas de transport d'hommes, etc.* — La manœuvre est la même que dans le cas précédent, avec cette différence que l'on agit sur la manette du télégraphe à cadran au lieu d'agir sur la clef.

Si l'accrochage I veut transmettre l'ordre n° 5, on tournera la manette du télégraphe de l'appareil de cette galerie jusqu'à ce que l'aiguille vienne en regard du secteur n° 5, c'est-à-dire qu'on lui fera faire cinq tours; en même temps les aiguilles de tous les autres postes (accrochage II, recette du jour et salle des machines) se placeront sur l'ordre n° 5, et les sonneries à-coups de l'accrochage I et de la recette du jour seulement émettront cinq coups. Ensuite le préposé à la recette du jour appuiera cinq fois sur la clef d'exécution, et les trois sonneries de la galerie I, de la recette du jour et de la salle des machines retentiront; le mécanicien devra alors seulement exécuter l'ordre demandé.

On a donc encore atteint un triple but, comme dans le cas précédent, en ayant de plus un signal optique permanent. L'ordre une fois transmis, les aiguilles ne doivent être ramenées au zéro, c'est-à-dire en face du premier secteur blanc correspondant au repos, qu'au moment où l'on a à transmettre un nouvel ordre, afin qu'on puisse toujours contrôler le dernier ordre reçu. Il sera donc possible de constater, à la position de l'aiguille, s'il y a eu erreur dans la transmission de l'ordre ou dans son exécution.

3° Des *signaux d'alarme ou d'arrêt.* — Les sonneries d'alarme installées à la recette du jour et à la salle des machines sont des sonneries trembleuses, dont le son est très différent des sonneries à-coups; il est en même temps très perçant, afin de dominer le bruit fait par les sonneries à-coups. Il devient donc possible, en appuyant sur l'un des boutons d'alarme à un des accrochages ou à la recette du jour, d'arrêter, en cas d'urgence, l'exécution d'un ordre transmis.

CINQUIÈME SECTION

ÉPUISEMENT, AÉRAGE, COMPRESSION, ÉCLAIRAGE, LEVER

CHAPITRE XIX. — **Épuisement.**

MOYEN DIVERS ET ACCESSOIRES.

M. *E. Dennis fils* exposait un *cuffat d'avaleresse* sur wagonnet, type des Mines de Carvin, et un modèle au $\frac{1}{10}$ du *château d'eau* construit à la fosse n° 2 des Mines de Bruay, entièrement en action et composé d'un pylône double de 16 m de hauteur. Ce château d'eau a 80 m³ de capacité et pèse 50 t.

La *Société des Mines de Lens* exposait un *appareil d'arrêt et de remise en marche automatiques des pompes*, système Naissant.

Cet appareil présente deux dispositifs :

Dans le premier, la vapeur ou l'air comprimé arrive au cylindre moteur de la pompe par une soupape chargée d'un levier qui porte, à son extrémité, un seau dont le fond est percé.

Le bras de levier, le poids du seau et son volume sont tels que la vapeur, arrivant sous la soupape, soulève celle-ci sans perte de charge sensible, quand le seau est vide et, au contraire, la soupape se ferme quand il est à peu près plein. Au-dessus du seau arrive le bout d'un tuyau de communication avec la bâche.

Quand la pompe est en marche, si la bâche se remplit, le trop-plein fonctionne et l'eau va remplir le seau qui ferme alors la conduite de vapeur et arrête ainsi la pompe. Lorsque l'écoulement de l'eau a cessé, le seau s'est vidé suffisamment pour que la pression de la vapeur puisse soulever la soupape et la pompe se remet en marche.

Dans le cas où la pompe aspire dans un puits ou dans une bâche susceptible de s'épuiser, on place dans le seau un flotteur suspendu par une chainette ; ce flotteur est normalement soulevé par l'eau du puits. Quand le niveau s'abaisse suffisamment le flotteur agit et ferme l'arrivée de vapeur, ce qui évite un emballement de la pompe désamorcée.

Le second dispositif sert pour le cas où la bâche de refoule-

ment est trop éloignée. Quand il existe une source d'électricité, on complète le premier dispositif par le suivant. Un flotteur plongeant dans la bâche est fixé au bout d'un levier par une chaînette dont il est isolé électriquement. Tant que le niveau de l'eau est trop bas, le poids du flotteur maintient relevée l'extrémité du levier; quand le niveau de l'eau arrive à la hauteur maxima, le flotteur se soulève, le levier s'incline et ferme un circuit comportant un premier électro-aimant. Ce circuit est dérivé sur une résistance alimentée par la source d'électricité. Sous l'action du courant, un levier attiré par cet électro-aimant, envoie du courant dans un deuxième électro-aimant qui attire une palette. Celle-ci ouvre un clapet, normalement fermé par la pression de la conduite de refoulement à laquelle il est accordé ; l'ouverture de ce clapet provoque un écoulement de l'eau dans le seau du premier dispositif et la pompe s'arrête. Lorsque le niveau de l'eau baisse dans la bâche, le poids du flotteur relève l'extrémité du levier et coupe par suite le courant sur les électro-aimants; le clapet se ferme, l'eau cesse de couler dans le seau, celui-ci se vide et la pompe se remet en marche.

La même Société exposait aussi un *appareil d'injection d'eau* système Naissant, destiné à empêcher la congélation de l'humidité de l'air dans le cylindre des pompes à air comprimé refoulant à grande hauteur.

Il comporte un cylindre dont la boite à tiroir est en relation avec la conduite de refoulement de la pompe. Lorsque la pression de refoulement est supérieure à celle de l'air comprimé, l'eau est injectée dans la boite à tiroir du moteur et la quantité en est réglée de façon que la température de l'air à l'échappement soit de 1 à 2 degrés au-dessus de zéro.

Cet appareil peut aussi être utilisé pour des treuils, si les temps d'arrêt entre deux voyages sont trop réduits pour amener le réchauffage de la machine par l'air ambiant. Mais il faut avoir à proximité une conduite d'eau à haute pression.

Pompes a vapeur et a air comprimé.

L'Exposition d'Arras offrait un assez grand nombre de types de pompes.

Les *Forges et Ateliers de la Chaléassière, Biétrix, Leflaive et Cie* exposaient les photographies des appareils d'épuisement suivants :

1° *Pompe foulante à maîtresse-tige métallique* combinée avec une

pompe d'avaleresse actionnées par moteur compound, à distribution par soupapes système Collmann ;

2° *Pompe souterraine à vapeur ;*

3° *Pompe à vapeur* à transmission hydraulique, du système Kaselowski.

Les *pompes à maîtresse-tige métallique* s'appliquent aux exploitations à faible profondeur, susceptibles de donner lieu à de grandes venues d'eau et peuvent servir d'abord au fonçage de puits.

Les chapelles d'aspiration et de refoulement sont reliées à leur collecteur respectif avec interposition de vannes d'arrêt ou d'isolement.

Les clapets sont à *disques multiples en métal*, dits clapets *Corliss* à faible levée.

Le réservoir d'air est alimenté par deux petites pompes, placées sur le côté des pompes d'exhaure et actionnées par les tiges de celles-ci.

Le moteur est du système Collmann, à distribution par soupapes compound, à 90 degrés, avec réservoir intermédiaire, à haute pression et à condensation. Le régulateur règle la détente en agissant sur l'introduction, ainsi que sur une soupape à déclanchement, interrompant la vapeur en cas de rupture dans les pompes ou dans la colonne de refoulement.

La vapeur passe au préalable dans un récipient séparateur à purgeur automatique.

Les *pompes à transmission hydraulique* système *Kaselowsky* se composent : au jour, d'une pompe hydraulique, mue par un moteur à vapeur ; au fond, d'une pompe élévatrice, mue par la pression hydraulique. Le système Kaselowsky emploie la même quantité d'eau motrice à haute pression, qui circule indéfiniment dans les deux conduites, dont l'une sert de retour vers les pompes du jour ; ce système assure, en outre, une vitesse uniforme de l'eau en mouvement.

Le moteur à vapeur du jour est à distribution par soupapes compound à 90 degrés avec réservoir intermédiaire, à condensation. Ce moteur actionne deux groupes de pompes hydrauliques, placées dans le prolongement des cylindres à vapeur en comprimant l'eau à 250 atmosphères.

La *Compagnie des Mines de houille de Bruay* exposait :

1° Une réduction au $\frac{1}{10}$ de la *pompe d'épuisement* système Mailliet, de 500 m³ de capacité horaire, établie à la fosse n° 5 ;

2° Un lavis de la *turbo-pompe* Rateau.

Ces appareils ont déjà été décrits dans notre compte rendu sur les Mines de Bruay (1).

Les *Ateliers Burton* exposaient divers types de pompes, pour tous usages, doubles, à courroie, et notamment :

1° Une *pompe double* système Burton, correspondant avec un condenseur pour travaux de mines et de carrières, avec refoulement jusqu'à 400 m de hauteur ;

2° Une *pompe double* système Burton, pour liquides chargés et fortes élévations jusqu'à 250 m de hauteur ;

3° Une *pompe alimentaire* pour générateur jusqu'à 15 kg, série A B.

M. *L. Galland* exposait une *pompe à courant continu*, à action directe et commandée par un piston à vapeur ou à air comprimé.

Cette pompe est destinée à l'épuisement de travaux secondaires et à l'élévation d'eaux boueuses.

La *Société nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* exposait une petite *pompe à rotation* avec volants. La tige des pistons porte une traverse, dont les extrémités sont actionnées par deux bielles, fixées aux volants d'un arbre placé en arrière du cylindre moteur, et qui par un renvoi de mouvement d'excentriques, commande le tiroir de distribution. Celui-ci, grâce aux volants, peut avoir des recouvrements permettant d'économiser la vapeur et de produire une légère détente.

Les *Constructions générales Kainscop* exposaient le plan d'une *pompe d'épuisement.*

Les ateliers de construction de la Meuse et Selessin exposaient la photographie d'une *machine d'épuisement souterraine* compound de leur système.

La *Société des appareils Rateau* exposaient la photographie d'une *turbo-pompe* installée aux mines de Falkenau (Bohême), d'une puissance de 200 ch et débitant 183 m³ à l'heure à 200 m d'élévation.

MM. *Sautter, Harlé et Cie* exposaient :

1° Une *turbine-dynamo* du système Rateau de 100 kilowatts.

2° Une *turbo-pompe* pour l'alimentation des chaudières d'un débit horaire de 40 m³ à 14 kg de pression.

3° Des photographies diverses représentant :

Des pompes de fonçage établies dans diverses exploitations miné-

(1) J.-M. Bel : *loc. cit.*

rales : Penarroya, de 50 m³ de débit à 150 m ; Longwy, de 42 m³ de débit à 300 m ; Ardoisières du Moulin Neuf de 15 m³ de débit à 150.

Des *turbo-pompes* établies pour : la Société Franco-Russe avec puissance de 100 ch, débitant de 90 à 158 m³ ; les mines de Falkenau en Bohême.

La *Société française des Pompes Worthington* exposait sept *pompes*, actionnées par transmission et moteur indépendants, du type triplex vertical, à simple et à double effet.

Des glissières fixées sur le bâti de la pompe guident la course des plongeurs.

Les engrenages sont taillés mécaniquement.

Le type *à simple effet* est muni de plongeur à presse-étoupe extérieurs fonctionnant dans des bâtis à étoupes profonds. Il est employé pour l'alimentation des générateurs et usages divers.

Le type *à double effet* est muni de pistons à garniture intérieure. Ces pistons peuvent être enlevés facilement pour être regarnis. Il est employé pour tout service d'élévation d'eau.

Les différents modèles exposés par cette Société étaient les suivants :

1° Pompe type *ordinaire* compound à plongeurs et anneaux ayant les caractéristiques : 133 et 190 × 114 × 254 mm ;

2° Deux pompes *type alimentaire* à pistons ayant les dimensions 114 × 70 × 102 mm dont une exposée avec les générateurs Babcock ;

Une *pompe alimentaire* à pistons de : 152 × 102 × 152 mm ;

4° Une pompe à moteur indépendant, type *triplex vertical à double effet*, avec double réduction de vitesse par engrenages, et socle pour le moteur électrique, ayant les mêmes dimensions 102 × 102 mm. Cette pompe a fonctionné d'une façon intermittente pendant la durée de l'Exposition.

5° Une *pompe triplex verticale à simple effet* de 76 × 76 mm avec simple réduction de vitesse par engrenages et poulie ;

6° Une *pompe triplex verticale à simple effet* de 102 × 152 mm avec double réduction de vitesse par engrenages, la dite pompe montée sur chariot pour service de mines.

Chapitre XX. — Épuisement électrique.

Pompes.

La *Société alsacienne de Constructions mécaniques* exposait des photographies du moteur électrique de la pompe souterraine de la Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux, appliquée avec une tension de 5 000 volts en mines grisouteuses et qui est décrite ci-après à propos de l'exposition de cette dernière Compagnie.

Les *Forges et ateliers de la Chaléassière Biétrix, Leflaive et Cie*, exposaient la photographie d'une *pompe à transmission électrique*.

Une machine à vapeur à distribution par soupapes, système Collmann, compound en tandem, à condensation, actionne au jour directement un alternateur électrique calé sur l'arbre moteur. A côté est le tableau des appareils de manœuvre et de mesures, d'où partent les câbles qui descendent dans le puits, et aboutissent au fond, à un transformateur. Un alterno-moteur actionne, soit directement, soit par un engrenage, une pompe à pistons plongeurs à simple effet.

Cette pompe est le plus souvent à trois corps en fonte ou en acier moulé avec arbre à un seul coude, engrenage taillé à la machine, roues en fonte et pignons en cuir vert. L'arbre des pignons est relié à l'alterno-moteur par un manchon d'accouplement élastique.

Le refoulement est en communication avec un réservoir d'air qui est alimenté par une petite pompe spéciale.

Pour de très grandes hauteurs d'élévation, on adopte le type à quatre plongeurs, ou à deux corps doubles fixé sur deux bâtis séparés avec engrenages de commande directe placé entre les bâtis.

Les *Ateliers Burton* exposaient un type de *pompe à commande électrique*.

Les *Ateliers de construction A. Fournier et fils*, exposaient une *pompe électrique* à trois corps et à double effet.

Cette pompe débite 30 m^3 à l'heure par refoulement d'un seul jet à 360 m. Elle peut atteindre aisément la vitesse de 120 tours par minute.

Elle est caractérisée par la subdivision du débit en six fractions égales, par suite du double effet et des trois corps de pompe. Cela réduit la masse d'eau dans chaque corps de pompe,

et diminue par suite les puissances vives nuisibles au mouvement de la fermeture des clapets.

La réduction de vitesse est obtenue par un simple rapport d'engrenages taillés à la machine automatique; le pignon est en cuir vert avec armature métallique.

Les corps de pompe sont assemblés directement avéc le bâti portant les paliers, ce qui assure sa solidité.

Le moteur électrique est à courant continu, 270 volts, 740 tours, 55 ch, du système Schuckert, et construit par la Compagnie générale d'électricité de Creil.

M. L. Galland exposait deux *pompes à commande électrique* par double harnais d'engrenages, pouvant être montées sur chariot porteur et affectées à l'épuisement dans les descenderies.

1° L'une est à trois pistons plongeurs, à simple effet, de 100 mm de diamètre et 250 mm de course. Le *moteur électrique* est de 30 ch; il est construit par la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*. Le débit de la pompe est de 25 m³ à l'heure, à l'élévation de 250 m.

Les plongeurs sont commandés par un arbre à trois coudes à 120 degrés. Les clapets d'aspiration sont placés à l'arrivée sur une boîte formant réservoir d'air. Les boîtes à clapets de refoulement sont montées directement sur les corps de pompes et réunies en une culotte portant le réservoir d'air de la conduite de refoulement.

Le premier harnais d'engrenages est à denture taillée et divisée, le moteur attaque l'arbre du pignon par un manchon d'accouplement semi-élastique.

2° Une autre, dont le moteur est à courant continu, a été construit par MM. Schneider et Cie. Elle est à quatre pistons à grille, garnis de clapets en cuir, convenant aux eaux boueuses ou impures à des élévations de 50 m au maximum.

Le diamètre des pistons est de 125 mm; leur course de 65 mm. Le débit horaire maximum est de 20 m³.

Le double harnais d'engrenage est à denture taillée; le pignon, claveté sur l'arbre du moteur, est en cuir vert.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait une *pompe d'épuisement électrique multicellulaire, système Rateau*, ainsi que les plans et coupes des pompes d'épuisement à commande électrique installés ou en cours d'installation, avec l'historique de l'épuisement aux mines de cette Compagnie.

En 1902, cette Compagnie décida de remplacer les pompes du

Cornouailles de sa fosse, n° 4 par une pompe électrique indiquée sur un des plans exposés, à l'échelle de 1/10 et établie à un étage plus bas que celui où se faisait alors l'épuisement, c'est-à-dire à l'étage de 326 m.

Une station centrale fut installée. On adopta le courant triphasé à 16 1/2 périodes et 3 000 volts. Le moteur de la pompe fut construit pour faire 100 tours à vide et 97 en charge.

Les engrenages furent supprimés et la pompe fut à attaque directe, avec débit horaire de 73 m³ comme la première installée à Nœux, et du même type; ses clapets et ses chapelles sont interchangeables avec celles de Nœux.

Le moteur de la pompe, qui absorbe en charge 91,5 kilowatts, est relié à l'extrémité de l'une des deux lignes triphasées, qui transportent le courant à 3 000 volts, d'une part à la pompe au siège n° 4 et à une usine d'agglomérés située au voisinage, d'autre part aux ateliers de séparation.

Enfin en 1904, la même Compagnie a adopté la *pompe électrique multicellulaire*, système Rateau, construite par MM. Sautter, Harlé et Cie, qui était exposée, ainsi que le plan de cet appareil au 1/10. Cette pompe est destinée à la fosse n° 6, dans la région nord de la concession, où le voisinage du calcaire carbonifère avec les failles offre toujours l'éventualité de grosses venues d'eau. Elle a été préférée, malgré son rendement relativement faible, aux pompes à piston, à cause de son peu d'encombrement, de son faible poids, de sa facilité de déplacement. Elle est construite pour une hauteur de refoulement de 307 m correspondant à la profondeur de trois puits de cette Compagnie établis sur la bande Nord de la concession; de sorte que, mise en place à la fosse n° 6, elle pourra être dans l'avenir transportée à une des deux autres fosses.

La pompe est commandée directement par un moteur asynchrone triphasé, à 4 pôles, 50 périodes, 5 000 volts, d'une puissance de 900 ch 167 kilowats, 1 450 tours. Le rotor en cage d'écureuil ne comportant pas de bagues, pour démarrer le moteur, on abaisse la tension du courant dans le stator au 2/5 de sa valeur normale, soit à 2 000 volts entre fils, au moyen d'un auto-transformateur, appareil constitué par trois bobines verticales avec noyau de fer feuilleté portant un seul enroulement pour chaque phase, c'est-à-dire seulement un circuit primaire et pas de secondaire. Ces trois enroulements sont réunis ensemble à leur partie inférieure (montage en étoile) tandis que leurs trois extrémités supérieures sont mises en communication avec la source d'énergie

électrique. Sur chaque bobine, une prise de courant supplémentaire est disposée de telle sorte que la tension entre fils, à son point d'attache, est de 2000 volts, celle qui alimente le transformateur étant de 5000 volts. Ces trois point d'attache supplémentaires sont mis en communication au moment du démarrage avec le stator.

L'enroulement de l'auto-transformateur est calculé de telle sorte qu'il puisse supporter pendant une minute 70 ampères sous 2000 volts, c'est-à-dire un courant triple du courant normal de marche (23 ampères environ sous 5000 volts). L'auto-transformateur est retiré du circuit sitôt le démarrage opéré, et en même temps le stator est mis directement en communication avec la source d'énergie à 5000 volts.

A cet effet, un tableau porte trois interrupteurs tripolaires avec ruptures dans l'huile (ce qui permet d'employer cet appareil dans les mines même grisouteuses). Deux des interrupteurs sont reliés invariablement l'un à l'autre de façon qu'au moment où l'un d'eux envoie à l'auto-transformateur le courant de 5000 volts provenant de la source d'énergie, l'autre envoie au stator le courant à 2000 vols.

Avec cet appareil, lorsque la manœuvre est bien faite, la valve de refoulement de la pompe étant fermée, la puissance absorbée au démarrage est de 15 à 20 0/0, supérieure à celle correspondant à la marche normale.

Lorsque le démarrage est effectué, on ouvre les deux interrupteurs reliés entre eux, et on ferme le troisième qui envoie dans le stator le courant direct venant de la ligne. Cet interrupteur est réuni aux deux autres par une chaîne qui empêche la fermeture simultanée des trois interrupteurs.

Un wattmètre indique à chaque instant les conditions de fonctionnement de la pompe, prévient en cas de désamorçage ou de détérioration et, dans le cas où la hauteur de la colonne de refoulement serait diminuée, indique de combien il faut fermer la vanne de refoulement pour éviter une surcharge de l'altermoteur.

Les coupe-circuits sont placés au jour.

La *Société française des Pompes Worthington* exposait une *pompe à moteur électrique*, avec courant de 220 volts 27 ampères, marchant à 1 290 tours.

Les différents modèles triplex, à simple et double effet, indiqués au chapitre précédent, peuvent être accouplés à un moteur électrique.

Chapitre XXI. — **Aérage.**

L'Exposition d'Arras offrait un ensemble d'appareils de ventilation souterraine nombreux et remarquables, que nous allons décrire successivement.

Tuyaux.

Les *Établissements métallurgiques et industriels d'Hénin-Liétard (R. Sartiaux)* exposaient des *tuyaux d'aérage* en tôle galvanisée, employés aux mines d'Aniche, Lens et Liévin.

Ventilateurs.

Les *Forges et Ateliers de la Chaléassière, Biétrix, Leflaive et Cie* présentaient des photographies de leurs divers *ventilateurs aspirants et soufflants*, du *système Rateau : centrifuges, hélicoïdaux, hélico-centrifuges.*

Ces ventilateurs sont susceptibles d'applications diverses : à la ventilation des édifices, théâtres, navires, tourelles, tunnels, galeries, brasseries, malteries, évaporation des liquides, refroidissement de l'air et des liquides, élévation pneumatique des grains, aspiration des poussières et fumées, soufflage des forges et cubilots, chaudières, fours métallurgiques, séchage industriel, etc.

On sait que les ventilateurs centrifuges servent à réaliser des pressions élevées, les hélicoïdes donnent des pressions faibles mais un grand débit. Ceux-ci vont généralement jusqu'à 60 mm de pression d'eau; avec ceux-là, une seule turbine peut donner 300 mm, et, par le couplage en série de plusieurs, on peut arriver au double ou au triple.

Les photographies exposées représentaient : un ventilateur centrifuge, un ventilateur hélicoïde, un grand ventilateur, un ventilateur à deux ouïes, un ventilateur à bras.

Le *ventilateur centrifuge* comprend une turbine constituée par un disque en fonte, formé d'un tore et d'un cône, et supportant de 16 à 30 ailes en tôle d'acier, embouties à la presse hydraulique, et fixées par des courroies.

En outre de la turbine, le ventilateur présente un autre organe, l'amortisseur, que traverse l'air en sortant de la turbine et avant d'entrer dans l'atmosphère.

Le but de cet organe est de transformer presque complètement la force vive du fluide en pression avant l'entrée dans la cheminée, en évitant le choc de l'air qui sort de la roue avec celui dont la vitesse est déjà ralentie. Cette condition assure essentiellement un bon rendement mécanique, car on sait que, lorsque des courants fluides de vitesses différentes se mélangent, il se produit une perte d'énergie proportionnelle au carré de la différence des vitesses.

L'amortisseur comprend :

1° Un diffuseur spécial plat, formé par deux plateaux parallèles, limités d'un côté à la circonférence périphérique de la roue, de l'autre à une spirale d'Archimède; sa hauteur, comptée suivant le rayon, augmente donc progressivement depuis le point de départ; quelquefois, pour simplifier, cet organe est supprimé;

2° Un collecteur en volute à sections carrées ou rondes, croissant avec la hauteur des plateaux du diffuseur plat;

3° Une cheminée pyramidale, faisant suite à la volute et achevant d'éteindre la vitesse du fluide.

Ces ventilateurs sont établis sur un bloc unique en ciment de briques, qui en constitue les fondations, et pouvant ainsi se déplacer tout d'une pièce dans le cas de mouvements de terrain.

Le pouvoir manométrique de ces appareils est très élevé, et atteint 1,00 dans les conditions de marche normale, ce qui permet de réduire beaucoup le nombre de tours à pression ou dépression égale. On peut ainsi atteindre des dépressions de 250 à 300 mm d'eau.

Ce pouvoir manométrique et le rendement peuvent être conservés sans rien modifier.

Le rendement mécanique varie de 80 à 85 0/0 suivant la grandeur des appareils.

Leur installation n'exige qu'un espace restreint.

Les ventilateurs centrifuges système Rateau comprennent quatre séries : grands ventilateurs pour mines; grands ventilateurs, sans diffuseur, pour mines; petits ventilateurs centrifuges, conduits à la main, par moteur à vapeur ou à air comprimé; ventilateurs à deux ouïes, conduits par courroie, moteur à vapeur ou à air comprimé.

Le *ventilateur hélicoïde* est aspirant et soufflant; les molécules d'air pénétrant dans l'appareil suivent des trajections sensiblement parallèles à l'axe de rotation.

Jusqu'ici, cet appareil n'était qu'un déplaceur d'air, appliqué par exemple aux séchoirs. M. Rateau l'a transformé en ventilateur capable de produire des pressions élevées. Il se compose des organes suivants : le distributeur, la turbine mobile, le diffuseur ou amortisseur, ce dernier pouvant être supprimé.

Le ventilateur hélicoïde du système Rateau s'applique à l'aérage des mines et des souterrains; il peut être installé souterrainement dans la galerie d'aérage, sans chambre spéciale. Il peut servir, soit de ventilateur de secours, soit pour l'exécution des travaux préparatoires. Il peut être installé, soit comme ventilateur aspirant, soit comme ventilateur soufflant.

Un ventilateur hélicoïde de 5 m de diamètre débite 120 m^3 par seconde, sous une pression de 12 mm d'eau, ce qui correspond à un orifice équivalent de 13 m^2.

En augmentant un peu la vitesse, on peut porter le débit à 160 m^3.

La *Compagnie des Mines de Drocourt* exposait une photographie de la salle des ventilateurs de la fosse n° 3.

M. *E. Farcot fils*, notre collègue, exposait un *ventilateur de mines* aspirant et soufflant, à courant réversible, de 2,25 m de diamètre de turbine, à enveloppe complètement en tôle, système E. Farcot fils, à œillard de 1,700 m.

Sur chaque aube de cet appareil est ménagée une ouverture de section déterminée, qui laisse l'air s'échapper en avant du rayon avec une vitesse plus grande que celle due à la vitesse périphérique, ce qui permet de réduire le nombre de tours pour une même dépression ou pression, tout en ayant un rendement satisfaisant.

Le débit est de 40 m^3 à la dépression de 120 mm, avec une vitesse de rotation de 375 tours.

Le mode de transmission le plus employé pour ce genre de ventilateur est celui par une ou deux courroies, et, lorsque le ventilateur est à faible puissance, on peut employer avantageusement la commande à bras ou la commande hydraulique.

Étaient exposés des plans et photographies de ventilateurs de ce genre, à demi-enveloppe en fonte, installés aux Houillères de l'Aveyron, aux Mines de Campagnac (Aveyron), aux Houillères de Montieux (Loire), et aux Houillères de Champagnac (Cantal).

C'est un de ces ventilateurs, ayant 6 m de diamètre, qui a été installé, en 1901, au tunnel de l'Albespeyre (Compagnie des

Chemins de fer P.-L.-M., ligne de Langogne à Alais), et dont le débit est de 150 m³ par seconde (1).

Voici les résultats d'expériences faites, le 6 décembre 1903, sur un ventilateur de 2,50 m de diamètre, de ce système, installé aux Charbonnages du Boubier, à Châtelet (Belgique).

DÉSIGNATION	CONDITIONS DU MARCHÉ		RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES			
	Marche normale	Marche forcée	Marche normale		Marche forcée	
Nombre de tours, par minute, du ventilateur. .	375	450	375	375	415	415
Nombre de tours, par minute, de la machine. .	80	90	81	81	90	90
Points où les expériences ont eu lieu.			A	B	A	B
Section de la galerie. .m²			4,44	5,35	4,44	5,35
Vitesse d'écoulement de l'air. . . . . m			10.07	8,95	11,08	9,87
Volume d'air débité par seconde . . . . . m³	35	35	44,600	47,800	49,200	53,500
Dépression . . . . . mm	90	120	110	110	125	125
Travail utile . . . . ch			65,3	70	83	88
Travail indiqué sur le piston . . . . . . ch			83 4	83.4	125,7	125,7
Rendement mécanique °/₀			78	84	66,5	70

Observations : 1° Le travail indiqué sur le piston est la moyenne des expériences faites par M. Vinçotte, déduction faite du travail indiqué par la machine, de la transmission à vide;
2° La différence de débit relevée entre les points A et B provient d'une rentrée d'air venant par les portes de communication avec l'autre ventilateur.

M. Farcot fils présentait aussi des photographies de ventilateurs de mines aspirants ou soufflants à réaction récupératrice (rendant 70 0/0), installés aux Charbonnages du Boubier (deux ventilateurs de 2,500 m de diamètre, débitant 25 m³ par seconde, avec une dépression de 60 mm et la vitesse de 300 tours; aux charbonnages du Petit-Try, à Lambusart (Belgique) (même diamètre, débit : 30 m³ par seconde; dépression 60 mm, vitesse

(1) Ed. Sauvage : *Rapport présenté, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les Ventilateurs de M. E. Farcot fils, et en particulier sur le Ventilateur du tunnel de l'Albespeyre. Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nationale,* janvier 1904.)
A. M. : *Ventilation du tunnel de l'Albespeyre par un ventilateur système Farcot. (Revue industrielle,* du 12 mars 1904.)

300 tours) ; aux houillères de Brassac (Puy-de-Dôme) (ventilateur de 4 m de diamètre, débitant 18 m³ par seconde avec une dépression de 95 mm et la vitesse de 300 tours) ; aux Houillères Unies du Bassin de Charleroi à Gilly (Belgique) (ventilateur à 1,200 m de diamètre, débitant 10 m³ par seconde, avec une dépression de 40 mm et la vitesse de 500 tours) ; aux Houillères de l'Épine, à Montigny-sur-Sambre (Belgique) (ventilateur de 1 m débitant 6 m³ par seconde, à la dépression de 15 mm et la vitesse de 400 tours).

Enfin *deux ventilateurs soufflants*, système Farcot fils, avaient été installés aux mines de la compagnie de Blanzy avec 1,800 m de diamètre, débitant 9 m³ par seconde à la pression de 40 mm et la vitesse de 375 tours ; et un ventilateur de 2,500 m de diamètre à enveloppe entièrement en tôle, à commande par courroie, débitant 50 m³ par seconde, a été installé à la station du Métropolitain à Vincennes, pour la ventilation du tunnel de la Bastille à Vincennes.

Les *Ateliers A. Fournier et fils* exposaient :

1° Un petit *ventilateur portatif*, du système Fournier et fils, de 450 × 300, avec moteur attenant complètement fermé, à graissage automatique et dont les organes sont ainsi à l'abri de la poussière de charbon ;

2° Un *ventilateur électrique portatif*, système Monnet et Moyne. C'est un ventilateur centrifuge, avec moteur attenant, mais disposé pour utiliser la détente de l'air comprimé qui l'actionne ; pour cela, le moteur est compound, avec piston différentiel, la distribution s'effectuant par tiroir cylindrique équilibré avec.

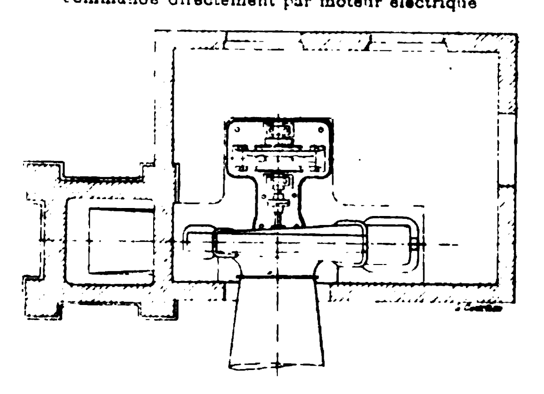
On sait que dans les machines à air comprimé fonctionnant à détente, avec de l'air humide, il se forme de la glace qui vient rapidement gêner la marche en obstruant les orifices. Ici, les orifices de grande section débouchent librement à l'air et permettent son expulsion ; en outre, le tiroir est disposé de façon à venir râcler la glace qui pourrait y rester adhérente. Une compression méthodique réchauffe, de plus, à chaque course, la paroi du fond du cylindre et empêche la formation d'une croûte glacée.

Des expériences satisfaisantes ont été faites dans cet ordre d'idées aux mines de Lens et de Liévin.

Le ventilateur est pourvu d'ailes très courtes et très rapprochées l'une de l'autre. Les ailettes paires sont prolongées vers le centre de la roue sous forme de cuiller permettant l'entrée de

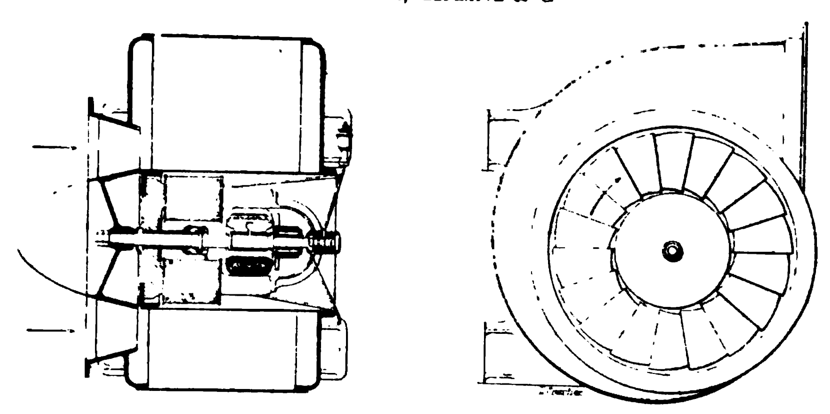
à peu près constante, quelle que soit l'ouverture : il ne recevra donc pas d'à-coup si celle-ci vient à se modifier dans les cas, par exemple d'ouverture ou de fermeture de portes, destruction d'une galerie. Ce résultat est dû à sa grande vitesse de rotation.

Fig. 17
VENTILATEUR ASPIRANT DE BIÉTRIX, LEFLAIVE & Cie
Type de 3m 400 de diamètre, commandé directement par moteur électrique



La figure n° 19 représente le plan d'installation d'un ventilateur de 1,600 m de diamètre faite aux mines du Cros à Saint-Etienne et commandé par un moteur électrique à courants triphasés.

Fig. 18 - VENTILATEUR HÉLICOIDE A DIFFUSEUR SPIRALOIDE DE BIÉTRIX, LEFLAIVE & Cie

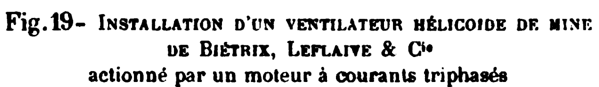


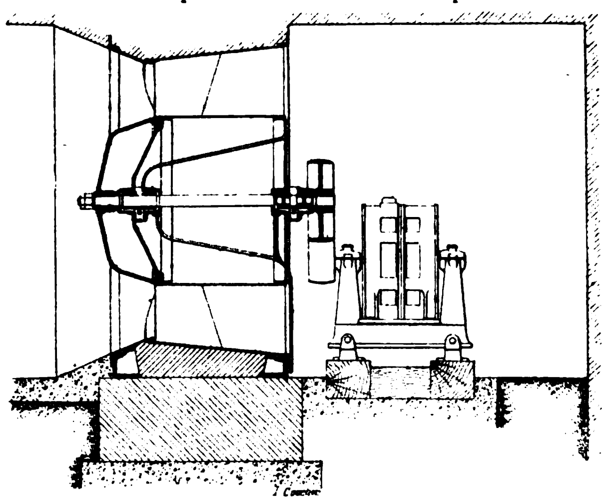
Le poids de ce ventilateur qui fonctionne normalement sur un orifice équivalant à 1,40 m³ n'atteint pas 1 400 kg.

M. *Farcot fils* exposait des ventilateurs de mines, décrits au

chapitre précédent, qui peuvent avec avantage être commandés directement par moteur électrique.

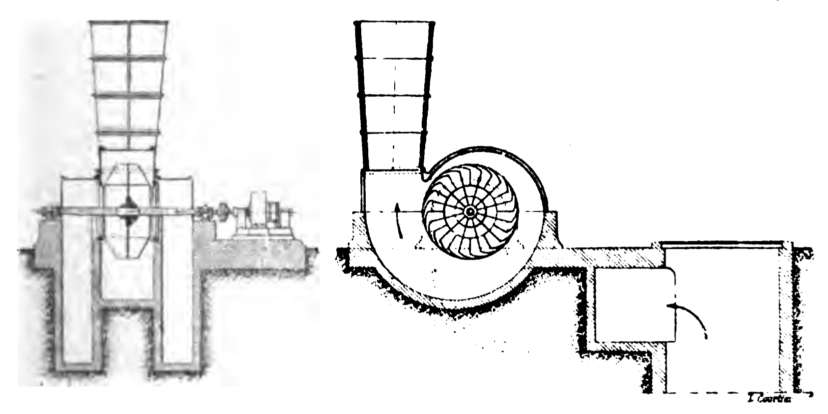
Un de ces *ventilateurs à réaction récupérative* de 2,50 m de dia-


Fig. 19 - Installation d'un ventilateur hélicoïde de mine de Biétrix, Leflaive & Cie actionné par un moteur à courants triphasés



mètre, aspirant, à enveloppe mixte (tôle et maçonnerie), à commande directe par moteur électrique a été installé *(fig. 20 et 21)*

Fig. 20 - Ventilateur Farcot, des Houillères de Tschoulkowo (Russie)



aux Houillères de Tschoulkowo (Russie). Il débite 30 m³ par seconde, avec une dépression de 100 mm et marche à la vitesse de 400 tours.

Les *Ateliers de construction A. Fournier et fils* exposaient un *ventilateur portatif*, système Monnet et Moyne qui peut, avec avantage, être commandé électriquement soit par des moteurs à courants continus, à quatre pôles, pour tension de 110, 220 à 440 volts soit par des moteurs à courants alternatifs triphasés ou biphasés pour 40 et 60 périodes, tension jusqu'à 500 volts.

Les moteurs sont construits par la *Société alsacienne de construction mécanique*. Les moteurs à courant continu sont excités en série, sont à quatre pôles, avec deux lignes de balais. Un interrupteur bipolaire réalise la mise en marche et l'arrêt.

Les moteurs à courants triphasés, d'une puissance maximum

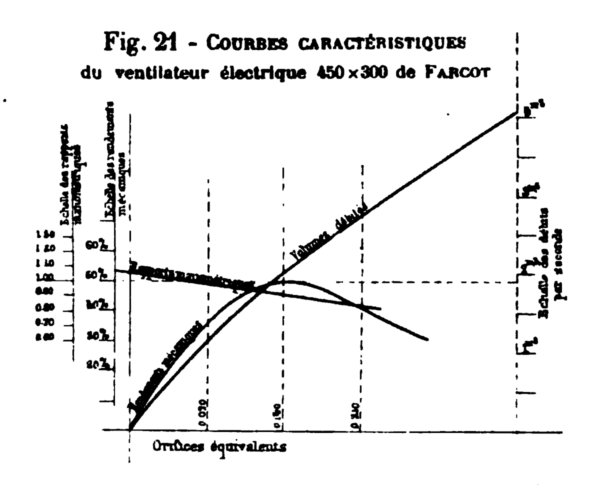


Fig. 21 - Courbes caractéristiques du ventilateur électrique 450×300 de Farcot

de 2 ch, se mettent en marche et s'arrêtent par la simple manœuvre d'un interrupteur tripolaire.

La figure 22 donne les courbes caractéristiques du ventilateur électrique 450 × 300.

Le ventilateur est formé de deux roues à ailettes symétriques à une seule rangée d'aubes, fixée et portée à faux aux extrémités de l'arbre d'un moteur électrique spécial. L'ensemble des roues et du moteur est garanti par une enveloppe formant diffuseur, deux flasques intérieurs portent la dynamo et deux flasques extérieurs portent les ouïes d'aspiration. Ces quatre flasques en fonte, de même forme, sont boulonnées sur une plaque bâtie, rabotée, formant un tout absolument rigide. Les paliers sont à l'abri des poussières de la mine. Deux trous permettent l'introduction de l'huile.

Le coupe-circuit qui protège le moteur est enfermé dans une boîte intérieure qui le garantit.

Les ouïes d'aspiration sont percées dans des disques en fonte tournés, d'un diamètre extérieur supérieur à celui des roues à ailettes et fixés par six goujons dans les flasques extérieurs.

Le rapport manométrique varie de 80 à 105 0/0 et descend peu malgré une variation sensible de l'orifice équivalent.

Les *Ateliers A. Fournier et fils* exposaient un *ventilateur électrique*, système Monnet et Moyne, avec les plans correspondants.

Cet appareil débite de 10 à 100 m³. La roue a 2,400 m de diamètre sur 1,600 m de largeur.

M. *L. Galland* exposait trois *ventilateurs diamétraux centrifuges* du système Mortier, à commande électrique.

L'un, avec roue de 700 × 420, est accouplé directement à un moteur de la *Compagnie générale d'électricité de Creil*. Il a été soumis à de fortes dépressions et il conserve une dépression à peu près constante pour une très grande variation de l'orifice équivalent. Il est d'un bon rendement. La conduite d'aspiration amène l'air seulement sur la partie utile de la roue ; et à la sortie l'air passe immédiatement sur le diffuseur. Ainsi il ne se produit pas de remous. On peut adopter à cet appareil le système d'injections. Ce ventilateur est appliqué à l'aérage principal.

Le second ventilateur est à roue de 600 × 400. Il est actionné par un moteur Fabius Henrion. Il est du type injecteur pour de grands débits et de faibles dépressions. Il est formé d'un ventilateur diamétral ordinaire, pourvu de deux conduits extérieurs à la roue. L'air traversant la roue est injecté dans le diffuseur et fait appel par les deux conduits. Le jet central et la pression sont réglés par des jets mobiles, et l'on approprie exactement aussi le ventilateur à l'orifice équivalent. Pour une grande variation de ce dernier, ce ventilateur conserve un rendement manométrique à peu près constant. Le débit est de 5 m³ environ sur une dépression de 20 à 30 mm. Un ventilateur diamétral ordinaire, pour remplir les mêmes conditions, serait plus encombrant et devrait avoir une roue de 1 200 × 800 mm ; ce serait plus coûteux.

Le troisième ventilateur était actionné par un moteur électrique de MM. Couffinhal et ses fils. Il est à roue de 300×200 mm, fixée directement sur l'arbre du moteur prolongé, ce qui réduit l'encombrement au minimum.

La *Société nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* expo-

sait un *ventilateur Mortier électrique* avec moteur triphasé Alioth, à turbine de 450 mm de diamètre, et débitant plus de 2 m³ par seconde.

La *Compagnie des Mines de Marles* exposait un des ventilateurs électriques secondaires du fond qu'elle emploie pour l'aérage des travaux en ferme, tels que bowettes en perçage, traçages des grandes tailles en vue des dépilages ultérieurs, etc. Ce sont simplement de petits ventilateurs Guibal, à double ouïe et à grande vitesse. L'entrainement de ces ventilateurs se fait par moteurs Westinghouse semi-blindés. L'attaque est directe.

Le montage et le démontage de ces appareils sont rapides, leur transport aisé, ce qui convient parfaitement au caractère provisoire de ces petites installations d'aérage,

MM. *Sautter, Harlé et Cie* exposaient en photographie :

1° Un *ventilateur à courant triphasé*, marchant à 120 volts, 42 ampères, et débitant 2 000 m³ sous 140 mm de pression, construit par les mines de la Réunion ;

2° Un *turbo-ventilateur*, construit pour les Forges de Châtillon-Commentry, débitant 115 m³ avec 2,50 m d'eau ;

3° Un *ventilateur centrifuge*, à courant continu, débitant 14 400 m³ avec 1 500 mm de pression, construit pour les mines de Penarroya.

Chapitre XXIII. — Compression.

Compresseurs a vapeur.

Bien que la *Compagnie des Mines de Béthune* n'ait pas exposé d'appareil de compression d'air, il doit être rappelé ici, à titre historique, qu'elle fut une des premières à utiliser l'air comprimé, dans les travaux du fond.

En 1875, elle avait, au siège n° 5, un compresseur Dubois et François, horizontal, avec cylindres à air, en prolongement des cylindres à vapeur : l'arbre à vapeur était à deux manivelles calées à 90 degrés, portait un volant de 6 m de diamètre avec quatre excentriques de distribution à détente Meyer, et deux excentriques commandant les pompes d'injection d'eau, à l'avant et à l'arrière des cylindres à air. Les clapets d'aspiration et de refoulement, de grande dimension, en bronze et cuir, étaient mis rapidement hors d'usage. On comprit que ces appareils devaient être calculés plus largement que les machines motrices ordinaires, au point de vue de la résistance.

A partir de 1882, la Compagnie installa, dans ses divers sièges, des compresseurs de puissance et de système différents :

Compresseur Dubois et François, à vitesse moyenne et à colonne d'eau ;

Compresseur Dujardin, à grandes soupapes d'aspiration et de refoulement d'air, à axe horizontal, jumelles, avec détente à déclic ; les soupapes d'aspiration sont poussées sur leur siège par des ressorts en forme de sabre, à mouvement oscillant ; celles de refoulement, par des ressorts à boudin ; ces dispositifs supprimaient le clapotement des soupapes ; l'injection d'eau se fait par des pompes dans les cylindres, pendant la période d'aspiration et de compression ;

Compresseur Dubois, à petites soupapes Corliss, à l'aspiration comme au refoulement, avec refroidissement par aspiration d'eau par les soupapes d'entrée d'air.

La Compagnie a finalement adopté un type qui lui paraît réunir toutes les conditions nécessaires à une bonne marche économique, à un bon rendement et à un entretien aussi facile que possible.

Les divers organes des compresseurs sont très robustes, et pour mieux répartir les effets très variables qui s'exercent dans ces appareils, le système étagé a été établi, ayant pour effet de régulariser la marche, même dans le cas d'une grande détente et d'une faible vitesse. On a adopté lès petits clapets Corliss à l'aspiration comme au refoulement, et une large injection de 5 à 6 kg d'eau par mètre cube d'air aspiré, pendant la période de compression, les pompes étant commandées par la machine même.

La Compagnie a actuellement des compresseurs à ses neuf puits. Les diamètres des cylindres à vapeur de ces appareils varient de 500 à 860 mm, et le diamètre des cylindres à air, de 500 à 790 mm, la course de 700 à 1 500 mm. Les soupapes, par fond de cylindre à l'aspiration, sont au nombre de 2, quand elles sont du type ordinaire, et au nombre de 12 à 38, quand elles sont du genre Corliss ; le diamètre des premières varie de 130 à 155 mm ; celui des autres, de 53 à 54 mm. Au refoulement, il y a 1 soupape dans le type ordinaire, et 12, 14 ou 28 dans le genre Corliss ; le diamètre de la première varie de 145 à 185 mm. et celui des autres est de 53 à 54 mm.

La *Société anonyme des Anciens Établissements Bracq-Laurent* exposait un petit *compresseur d'air*.

La *Compagnie des Mines de Bruay* avait exposé une réduction,

au dixième, de sa fosse n° 5, où figurait notamment un *compresseur* du système Dujardin, que nous avons déjà décrit (1).

La *Société anonyme des Ateliers Burton* exposait :

1° Un *compresseur d'air à moteur direct*, se faisant à un ou deux cylindres ;

2° Un *compresseur d'air à courroie ou à engrenage ;*

3° Un *compresseur mural*, renforcé pour pression jusqu'à 10 kg, pouvant se fixer contre une paroi ou un support.

La *Compagnie des Mines de Drocourt* exposait la photographie de la Salle des Compresseurs de la fosse n° 2.

La *Société des Mines de Lens* exposait un *appareil régulateur de pression dans les réservoirs d'air*, système Naissant.

Cet appareil est formé d'un cylindre, présentant, à l'extérieur, une série d'embases sur lesquels reposent des contrepoids ; à l'intérieur se meut un piston qui agit sur un papillon intercalé dans la conduite de vapeur. Le dessous du piston est en relation avec la conduite d'air comprimé. Le contrepoids inférieur est soulevé, dès que la pression dépasse 2 kg, et se bloque contre celui du milieu, qui n'est soulevé que si la pression atteint 5 kg ; le dernier contrepoids ne se soulève qu'à la pression de 6 kg. Le calage du papillon est tel qu'aux positions basse et haute la conduite de vapeur soit fermée, qu'à la position moyenne elle soit ouverte en grand, et fermée partiellement au dernier contrepoids. Ainsi, le compresseur s'arrête lorsque la pression est inférieure à 2 kg (rupture de conduite ou fuite importante), ou lorsqu'elle est supérieure à 6 kg (pression limite pour les appareils d'utilisation) ; le compresseur se ralentit lorsqu'elle atteint 5 kg.

La *Société anonyme Westinghouse* exposait un *compresseur* à grande vitesse, sans circulation d'eau, actionné par un moteur à gaz pauvre, du système Westinghouse, de 125 ch, alimenté par un gazogène Fichet et Heurtey.

La *Société françaises des pompes Worthington* exposait un *compresseur d'air monocylindrique à vapeur* pour mines et autres travaux.

Compresseurs électriques.

La *Société de Fives-Lille* exposait les plans des appareils suivants :

1° Un *compresseur d'air à deux phases et à simple effet*, avec circulation d'eau, à commande électrique, arrêt et mise en marche

(1) J.-M. Bel : *Mines de Bruay*. (*Bull.* de sept. 1904.)

automatique, soupape de démarrage à vide, système *Fives-Lille*, débitant 3000 l par minute et marchant à 130 tours;

2° Un autre *compresseur* de même type, débitant 8000 l par minute, marchant à 125 tours;

3° Un troisième de même type, avec pistons de 280 et 140 mm de diamètre et 216 mm de course.

La même Société exposait en photographie :

1° Un *compresseur* du type ci-dessus, construit pour le Conservatoire des Arts et Métiers, débitant 2000 l par minute, marchant à 160 tours; la dépression de l'air refoulé est de 12 km; le diamètre des pistons est de 320 mm; leur course de 216 mm.

2° Un *compresseur* du même type, construit pour la Compagnie des Chemins de fer du Midi, débitant 8000 l par minute, marchant à 120 tours; la dépression de l'air refoulé est de 8 kg; le diamètre des pistons de 210 et 420 mm; leur course, de 280 mm;

3° Un *compresseur* d'air pour les aciéries de la Société de Denain et Anzin;

4° Deux *compresseurs* construits pour les mines de Courrières devant débiter 8 m³ par minute.

La *Société de l'Industrie internationale* exposait un *compresseur* du système *Rand Drill C°*, actionné par un moteur électrique de *La Française*.

Ce compresseur est formé essentiellement d'un bâti et de deux pistons commandés par une poulie-volant. Les bielles sont calées à 180 degrés sur l'arbre. Les pistons sont à fourreau et, par conséquent, à simple effet; ils sont à circulation d'eau. L'admission se fait par un appareil qui est un limiteur de charge, connecté, par une tubulure, au réservoir principal. Lorsque la pression atteint dans ce réservoir la limite maximum, pour laquelle le limiteur de charge a été réglé, l'admission de l'air libre est automatiquement fermée, ce qui fait que le compresseur travaille à vide. Dès que la pression tombe, l'admission s'ouvre automatiquement et le refoulement recommence.

La *Compagnie des Mines de Marles* exposait un *compresseur électrique du système Burckhardt et Weiss*, qui sert à la préparation de l'air comprimé nécessaire au percement des bowettes, par perforation mécanique. Ce compresseur est entraîné par moteurs Postel-Vinay, type KF 14, semi-blindés, à 4 pôles, 25 kilowatts, 600 tours, 500 volts; il fournit, à la pression de 4 à 5 kg, l'air demandé pour l'alimentation de deux et même detrois bosseyeuses Dubois et François. Son installation à proximité des

fronts, son déplacement facile et rapide au fur et à mesure de l'avancement, évitent tous les inconvénients de frais d'achat, de pose et d'entretien d'une longue conduite d'air. On a pu ainsi conserver, d'une part, les avantages de l'électricité sur l'air comprimé au point de vue de la distribution; d'autre part les avantages de l'air comprimé sur l'électricité au point de vue de la perforation même.

La *Société française des pompes Worthington* exposait un *compresseur monocylindrique à moteur*, qui peut être employé quand on dispose d'une force motrice peu coûteuse et quand la charge sur le compresseur est à peu près constante. Cet appareil est à poulie de transmission, mais il est du même type que les compresseurs à vapeur de la même Société indiqués plus haut. On peut y adapter un régulateur automatique de décharge.

Chapitre XXIV. — **Condensation.**

Condensation centrale.

La *Compagnie de Fives-Lille* exposait des photographies d'une Condensation centrale par mélange, pour 20 000 kg de vapeur à l'heure, celle de la fosse n° 5 des mines de Bruay (1).

Utilisation des vapeurs d'échappement intermittentes.

La *Société d'exploitation des Appareils Rateau* exposait :

1° Un *accumulateur-régénérateur* de vapeur, système Rateau, comme appareil d'expérience;

2° Un *éjecto-condenseur*.

Cette Société présentait une démonstration de son système d'utilisation des vapeurs d'échappement par accumulateurs de vapeur et turbine à pression.

Le but cherché est de recueillir la vapeur des moteurs à marche intermittente employés dans les mines et autres industries, malgré leurs arrêts de plusieurs minutes : c'est l'objet de l'accumulateur-régénérateur, qui permet, en outre, de régulariser le débit de vapeur pour obtenir son utilisation complète jusqu'au vide du condenseur.

Cet appareil peut s'appliquer à tous les moteurs à échappement discontinu, en vue de produire un débit de vapeur à pression

(1) J.-M. Bel : *loc. cit.*

constante soit par la condensation, soit par l'alimentation d'une turbine à basse pression.

L'appareil est fondé sur les échanges de chaleur qui se produisent entre la vapeur et les parois métalliques, ainsi que sur les propriétés spéciales des vapeurs et des liquides saturés.

L'accumulateur consiste, en principe, en une capacité renfermant des matières solides (fonte) et de l'eau (accumulateur mixte) ou de l'eau seulement. Lorsque la vapeur d'échappement intermittente arrive dans l'appareil, une certaine partie se condense et reste à l'état d'eau saturée. Lorsque l'échappement se ralentit ou cesse, la chaleur latente de la vapeur mise en réserve pendant la première période sert à vaporiser un certain poids d'eau.

La vapeur qui s'échappe de l'appareil d'une façon continue est utilisée dans une turbine à basse pression, du système Rateau par exemple, munie d'un condenseur. Ce moteur a été préféré aux machines à pistons, à cause du bon rendement dont il est susceptible avec vapeur à basse pression.

Cette installation est complétée par divers appareils accessoires : clapet de retenue, purgeur automatique, valve d'échappement à l'air libre et détenteur automatique; ces deux derniers assurant l'indépendance des deux machines primaire et secondaire.

L'appareil exposé contient un poids d'eau de 150 kg. Il est capable de régulariser un débit moyen de 270 kg de vapeur à l'heure, présentant des intermittences de quarante secondes; il alimente la machine d'une façon continue.

La même Société exposait des photographies de ses appareils établis :

1° Aux mines de Bruay (1), comprenant un accumulateur à plateaux de fonte en quatre corps, et une turbo-dydamo à courant continu de 300 ch sur condensation centrale ;

2° Aux mines de la Réunion (Espagne), comprenant un accumulateur à vieux rails et deux turbo-alternateurs à haute et basse pression de 220 kilowatts chacun avec condensation par éjecto-condenseur Rateau.

Enfin la même Société a encore établi ce système :

1° Aux mines de Béthune, avec un accumulateur à eau seule et un turbo-compresseur centrifuge à haute et basse pression, aspirant 60 m³ d'air par minute et le comprimant à la pression absolue de 6 kg par centimètre carré ;

(1) J.-M. Bel : *loc. cit.*

2° Aux mines de Firminy, avec accumulateur à eau et turbo-alternateur de 250 ch;

3° Aux aciéries du Donetz et aux aciéries Poengsen à Dusseldorf.

L'*Éjecto-condenseur*, système Rateau, permet d'appliquer la condensation à toute machine à vapeur d'une façon très économique; en particulier, dans le cas où le prix assez élevé des condenseurs ordinaires, leur encombrement et la complication créée par la nécessité d'une pompe à air en rendent l'emploi impossible.

L'appareil dépense 25 à 30 l d'eau à 12 degrés, par kilogramme de vapeur à condenser, et ne peut se désamorcer quand il fonctionne avec l'eau en charge. Une disposition spéciale permet de proportionner à peu près exactement la dépense d'eau et la quantité de vapeur à condenser.

Le vide obtenu varie de 62 à 70 cm de mercure, suivant la température et la quantité d'eau dont on dispose.

Chapitre XXV. — **Éclairage et lever souterrains.**

Lampes a huile.

La *Société anonyme d'éclairage et d'applications électriques*, exposait des *lampes de sûreté*, à huile, de divers systèmes.

Lampes a essence.

La *Société anonyme d'éclairage et d'applications électriques* exposait des lampes à essence.

M. *H. Joris* exposait des *lampes de mines* avec rallumeur intérieur et des appareils accessoires. Ces lampes sont à alimentation d'air par le haut ou par le bas, et à essence de pétrole; elles sont très employées dans le Nord et ailleurs.

La *Société des mines de Lens* exposait une *lampe Marsaut* à essence de pétrole avec rallumeur Seippel, à percussion, construite sous la direction de M. Laffite, Ingénieur en chef des travaux du fond. Son emploi a été autorisé par l'Administration dans les fosses grisouteuses, ce qui constitue un progrès important, grâce auquel l'emploi des lampes à essence s'est répandu dans notre pays.

Le pouvoir éclairant de la lampe Laffite est de 0,65 bougie décimale.

La même Société exposait aussi des lampes Wolf, mèche plate, alimentation d'air par le bas, rallumeur à friction également autorisé et fournissant 0,80 bougie.

Lampes électriques.

MM. *Bisson, Bergès et Cie*, exposaient des *lampes électriques* du système Bisson-Caron, marchant à 50 volts aux bornes par quatre sur 220 volts et par deux sur 110.

La même Société exposait des *lampes Caron* marchant par 6 sur 220 volts et par 3 sur 110.

La *Société des mines de Courrières*, exposait des lampes électriques de sûreté de forme carrée.

La *Société d'éclairage et d'applications électriques* exposait des lampes électriques, du système Neu-Catrice, carrées, à accumulateurs, à poste fixe et transportables.

La *Compagnie des mines de Bruay*, exposait des lampes électriques que nous avons déjà décrites (1).

Le *représentant des accumulateurs Chelin* exposait des lampes électriques système Lindeman, chargées à l'accumulateur Chelin.

Accessoires.

M. *Gosselin* exposait des *tissus et toiles* métalliques pour lampes de sûreté.

La *Compagnie des mines de Lens* exposait une *fermeture Dinoire* pour lampe de sûreté.

Cette fermeture est formée d'une boîte à ressort où se meut un piston portant une tige qui fait saillie au dehors. La boîte est, avant la fermeture, rivetée au plomb, à l'un des montants du chapeau de la lampe. Pendant le vissage du chapeau sur le réservoir, la petite tige, poussée par le ressort glisse sur les dents d'une crémaillère portée par le réservoir, et dont la forme est telle que tout mouvement en arrière est impossible tant que le rivet est en place. Les rivets ont des empreintes qu'on peut changer à volonté. Il n'y a qu'à les couper à la lampisterie pour permettre l'ouverture et le remplissage de la lampe.

(1) J.-M. Bel, *loc. cit.*

Lever.

M. *H. Morin* exposait des instruments de lever de plan souterrain et notamment :

1° Un *théodolite* de 0,16 m de diamètre à deux montants avec boussole à cheval sur l'axe, et dont la lunette peut effectuer une rotation complète.

L'objectif est double, l'oculaire est à fort grossissement et gravé, ce qui permet de supprimer les fils et les réticules sur verre. Les divisions sont en argent, les verniers doubles, et les loupes, à tirage sont centrées au foyer de la division, pour éviter l'erreur de parallaxe. Le pied est à translation et son plateau supérieur peut se déplacer autour de son centre à la mise en station. Enfin la lunette est munie d'un tube anallatique permettant de régler la stadia pour la détermination des distances par lecture directe sur la mire Moinot.

Cet exposant présentait aussi :

2° Un *tachéomètre* de 0,13 m, avec niveau à bulle indépendante sur la lunette, niveau sur l'axe, loupes, réflecteurs, tube magnétique pour l'orientation et oculaire gravé;

3° Un *théodolite* à un seul montant;

4° Un *niveau d'Égault*, système des Ponts et Chaussées à oculaire gravé;

5° Un *niveau d'eau* de précision, du capitaine Leneveu, composé de deux fioles réunies par un tube en caoutchouc; cet instrument est pourvu de deux tiges ou pointes glissant dans des guides portant un vernier; on amène ces pointes à toucher le liquide et on pourrait déterminer rigoureusement un niveau de 1/20 à 1/100 de millimètre, suivant les modèles; car au moment du contact l'eau saute sur la pointe;

6° Un *niveau à collimateur*, du colonel Goulier, formé d'un pendule suspendu à la Cardan, portant : à sa partie inférieure, un poids assez fort, qu'on immobilise à l'aide d'un bouton de pression, et, au tiers de sa hauteur, une lunette toujours horizontale, marquée d'un trait horizontal, à hauteur duquel il suffit d'amener la ligne de foi du voyant;

7° Une *boussole carrée* à lunette, munie d'un éclimètre, une *pochette de compas*, une *boussole de mineur* suspendue, et un *fil à plomb à lampe*.

SIXIÈME SECTION

PRÉPARATION MÉCANIQUE, INSTITUTIONS OUVRIÈRES ET ÉCOULEMENT DES PRODUITS

Chapitre XXV. — **Préparation mécanique.**

Triage et criblage.

La *Compagnie des mines de Drocourt* exposait un moteur électrique triphasé destine à actionner le *criblage* du puits n° 1.

La *Compagnie de Fives-Lille* exposait des vues du *criblage* mécanique qu'elle a construit pour la fosse n° 2 *bis* des mines de Lens.

M. L. *Galland* exposait un *transporteur-crible* qui est une application du crible Kreiss, et actionné par un moteur de la *Société d'éclairage électrique.* Cet appareil a un couloir de 400 mm de largeur portant quatre tôles perforées à 12, 25, 55 et 80 mm. Il évite de trop secouer le charbon et de le briser ; il peut charger directement sur wagons.

La *Compagnie des mines de Lens* exposait des photographies de son *triage* du puits n° 4.

La *Compagnie des mines d'Ostricourt* exposait un modèle réduit au $\frac{1}{10}$ de son *triage* du puits n° 4, construit par la Société de Construction mécanique et matériel de mines d'Onnaing.

MM. A. *Stievenart et fils* exposaient des *toiles de triage.*

Lavoirs a charbon.

La *Compagnie des mines de Béthune* exposait un modèle en réduction de son *lavoir à charbon.*

Les *Compagnies des mines de Dourges* et *de Drocourt* exposaient des photographies de leurs lavoirs à charbon.

La *Société Entreprise Générale de fonçage de puits, études et travaux de mines*, exposait deux tableaux relatifs au lavoir à charbon qu'elle a installé aux mines de Carmaux.

Cet atelier peut, dans son ensemble, traiter en dix heures 700 t de houille brute de 0 à 40 mm provenant des différents sièges d'exploitation.

La disposition des chenaux qui conduisent les différentes catégories de charbon permet de mélanger celles-ci, de manière à obtenir soit des grains lavés de 40 à 6 mm, soit des menus de 40 à 0.

Le résultat du traitement est le suivant :

100 t de houille brute et sèche contenant 12 0/0 de cendres donnent après lavage :

86 t de houille pure contenant 5 1/2 0/0 de cendres;

3 1/2 t de produits mixtes contenant de 15 à 19 0/0 de cendres;

10 1/2 t de schistes contenant 67 0/0 de cendres.

La même Société a installé, en outre, des lavoirs à charbon aux mines de Blanzy et de Roche-la-Molière et Firminy et un *triage* aux mines de Hongay (Tonkin).

Les *Compagnie des Mines de Lens, Vicoigne et de Nœux* exposaient des photographies de leurs lavoirs à charbon.

Les *Constructions générales O. Kainscop* exposaient des vues de bâtiments pour lavoirs à charbon.

Lavoirs a minerai.

La *Compagnie nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* exposait un *lavoir à sables aurifères*, système Maurice, qui permettrait de traiter 3 t de sable à l'heure.

Il comprend une turbine à grande vitesse formée d'une cuve tronconique rétrécie à la partie supérieure par un seuil annulaire horizontal, derrière lequel, par l'effet de la force centrifuge, doivent s'accumuler les métaux précieux. Le sable et le gravier sont d'abord chargés sur une table à secousse qui expulse les gros galets. Les parties fines seules passent à la turbine. Cet appareil n'a pas encore été mis en service dans l'industrie aurifère.

Fours a coke.

La *Compagnie des Mines de Dourges* exposait des photographies de ses fours à coke, du système Cowpper, de ceux à récupération de sous-produits système Solvay et Cie.

La *Compagnie des Mines de Lens* exposait des photographies de ses fours à coke de Pont-à-Vendin.

Les *Compagnies des Mines de Drocourt, de Vicoigne et de Nœux* exposaient les photographies de leurs fours à coke.

Agglomération.

La *Société des Mines de Carvin* exposait des *briquettes sans brai*, décrites au chapitre II, et dont le prix de revient, y compris les droits de brevet, est un peu inférieur à celui des briquettes au brai, en comptant le brai à 50 f rendu à l'usine.

Nous avons dit que ces agglomérés ou magnésio-briquettes sont fabriqués par le procédé Conti-Levi.

Ce procédé a pour principe le fait qu'un mélange de magnésie calcinée à basse température et de chlorure de calcium, donne un corps très dur, l'oxychlorure de magnésium.

La fabrication consiste à mélanger à froid des poussières de charbon, jusqu'à 8 mm trous ronds, avec des quantités déterminées de magnésie et de chlorure de magnésium, de façon à emprisonner les grains de charbon dans un réseau d'oxychlorure de magnésium, qui se forme dans les 24 heures.

Avec une pression de 200 à 250 kg au centimètre carré obtenue à l'aide des presses en usage, la proportion suffisante est de 3,500 kg d'oxychlorure pour 100 kg de charbon.

Les matières volatiles du charbon sont augmentées de 2,5 0/0 et les cendres de 1 à 1,5 0/0. Cet excès de cendres a donné en se formant des calories utilisables.

La Compagnie de Carvin installe une usine d'exploitation industrielle de ce procédé.

La *Société anonyme de Constructions mécaniques d'Alais* exposait une *presse à agglomérer*, du système Veillon, pour briquettes de 10 kg, avec son *distributeur*. Cet appareil se construit aussi pour briquettes de 5 et de 7 kg. Il est à régulateur et à transmission hydraulique à double compression simultanée. L'appareil pèse en totalité 40 t. La cohésion serait de 65 à 70 0/0. Cette presse se compose essentiellement : d'un pot de presse hydraulique double, avec soupape de sûreté à ressort ; de deux bâtis verticaux boulonnés sur lui, et formant paliers pour recevoir l'arbre coudé moteur ; de deux bâtis latéraux, également boulonnés sur lui et entretoisés par une pièce de fonte recevant l'axe d'articulation du grand levier inférieur d'un plateau à alvéoles. Ce plateau est fixé sur une plate-forme, portée par les quatre bâtis et qui tourne autour de son centre. Il y a, en outre : deux pistons mouleurs et un piston démouleur, enfin deux pistons hydrauliques, l'un moteur, l'autre de transmission.

La *Compagnie nouvelle des Établissements de l'Horme et de la Buire* exposait une *presse* à boulets ou à agglomérés ovoïdes, de 3 t à l'heure, d'un type assez répandu dans les divers bassins français et pouvant être aussi de 5 t.

L'appareil est formé de deux cylindres d'assez grand diamètre tournant synchroniquement en sens inverse et dont la surface présente des empreintes ou alvéoles de la forme d'un demi-œuf.

Dans la rotation, un ruban de pâte (mélange très intime de charbon et de brai) est comprimé entre les deux cylindres, et se répand dans les alvéoles où il se subdivise en ovoïdes ou boulets qui se détachent.

La pâte est amenée par un distributeur alimentant un couloir à section variable et permettant l'emploi de cylindres de grand diamètre donnant une bonne cohésion aux boulets.

Le bâti de la presse de 3 t est peu encombrant, quatre boulons réunissent les chapeaux des coussinets des axes des cylindres.

La *Compagnie des Mines de Lens* exposait des photographies de son *usine à briquettes* et un *appareil pour l'essai des brais*.

Celui-ci est composé d'un cylindre à enveloppe, où se déplace un piston porté par une vis et surmonté d'un chapeau, sur lequel agit un levier à contrepoids formé d'un seau. On place dans le cylindre un mélange de charbon et de brai, pour faire une briquette de 28 mm de haut, et on chauffe par une circulation de vapeur dans l'enveloppe. On soulève le piston par la vis et on soumet ainsi la briquette à une pression qui est déterminée par le contrepoids.

On en fait l'essai à l'écrasement en changeant le chapeau et en chargeant le seau avec de l'eau. On obtient ainsi des indications sur la cohésion d'un brai afin de régler les mélanges.

La *Compagnie des Mines de Meurchin* exposait un plan en élévation, et un modèle en bois en vraie grandeur, de sa *presse à briquettes*.

Cet appareil produit 13 t de briquettes de 10 kg. La cohésion obtenue est de 75 0/0. Le brai sert d'agglomérant dans la proportion de 8,5 0/0. La compression par centimètre carré est de 55 kg. Le travail absorbé est de 12 ch par le mallaxeur, de 10 par le remplisseur et de 15 par la presse.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait la photographie de son *usine d'agglomération*.

Récupération.

La *Compagnie des Mines de Dourges* exposait la photographie de son *usine de fabrication du sulfate et des benzols.*

La *Compagnie des Mines de Drocourt* exposait des graphiques de sa production de *sous-produits*, fabriqués, depuis le remplacement des cornues Solvay et Cie, par des chambres de combustion qui ont amélioré le rendement ainsi que la qualité du coke, par suite de la suppression presque complète des repassages de gaz.

La *Compagnie des Mines de Lens* exposait la photographie de ses *usines de récupération* de Pont-à-Vendin et de la fosse n° 8.

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait la photographie de son *usine à récupération des sous-produits*, construite par la *Compagnie de Fives-Lille..*

Chapitre XXVI. — **Institutions ouvrières.**

L'exposition d'Arras a été enfin remarquable par la mise en évidence du grand nombre d'institutions philanthropiques créées par les Compagnies minières au bénéfice de leurs ouvriers.

Batiments ouvriers.

La *Compagnie des Mines de Courrières* exposait une vue des *corons* de la cité ouvrière de Méricourt.

La *Compagnie des Mines de Dourges* exposait des plans de trois types d'*habitation ouvrière.*

La *Compagnie des Mines de Lens* exposait des photographies de ses *maisons d'employés.*

La *Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux* exposait des photographies et plans de ses *habitations ouvrières :* Cité et école de filles de Barlin ; cités des fosses n°s 5 et 7.

Services médicaux.

La *Société des Mines de Marles* avait édifié un pavillon représentant le service de l'œuvre de la *Goutte de lait*, déjà indiquée au chapitre III.

Cette Société exposait, en outre, le plan de son hôpital.

Participation aux bénéfices.

La *Société des Mines de Carvin* exposait le mécanisme de son essai relatif à la *participation des ouvriers aux bénéfices.*

Cette participation est basée sur la distribution de cinquièmes d'actions au personnel des employés et des ouvriers, distribution qui se fait parmi ceux qui ont au moins quinze ans de service.

Pour les employés, le Conseil décide, d'après le mérite et les services rendus, quels seront ceux qui recevront un cinquième d'action.

Pour les ouvriers, une liste de classement est dressée dans l'ordre résultant du nombre de points calculé sur les bases suivantes :

1° Chaque année de service donne droit à 2 points ;

2° Chaque enfant ou gendre travaillant à la Compagnie depuis un an au moins donne droit à 10 points ;

3° La capacité professionnelle entre en ligne de compte pour un nombre de points variant de 1 à 10 ;

4° Les actes de courage, sauvetage, etc., pour un nombre de points variant de 1 à 10 ;

5° L'exactitude au travail, pour un nombre de points variant de 1 à 15.

Les cinquièmes distribués chaque année sont alors attribués aux ouvriers qui se trouvent occuper les premiers rangs dans le classement indiqué ci-dessus.

Ce système a fonctionné depuis l'année 1900, après avoir reçu l'approbation de l'Assemblée générale des actionnaires.

Jusqu'à présent (août 1904) il y a eu 105 ouvriers et employés ayant reçu en totalité 127 cinquièmes, qui représent une somme totale de 61 517,49 f. Les ouvriers avaient de 35 à 40 ans de service et de 112 à 145 points.

Des cinquièmes d'actions ou des dixièmes sont achetés à cet effet par le Conseil d'administration, à l'aide d'un fonds créé par les Statuts de la Société et pouvant atteindre 6 0/0, après prélèvement des 5 0/0 attribués d'abord comme intérêt aux actions.

En cas de grève, ces distributions sont suspendues.

Chapitre XXVIII. — **Écoulement des produits.**

Canal du Nord.

L'Exposition collective et houillère du Nord et du Pas-de-Calais présentait une partie annexe, en rapport étroit avec l'industrie minérale de la région, dont elle est le complément nécessaire.

C'était le travail de MM. G. La Rivière, Ingénieur en chef, et Bourgeois, Ingénieur des Ponts et Chaussées, comprenant le plan d'un avant-projet du Canal du Nord, son profil en long géologique au $\frac{1}{40.000}$ et deux volumes donnant la description des différents ouvrages d'art relatifs à cette œuvre : souterrains, ponts, écluses. Était exposée en outre, à côté de ces documents, une carte générale des voies navigables actuelles du Nord de la France et de la Belgique.

Le projet exposé n'est autre, comme on sait, que l'ancien projet de M. Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées. Il comprend trois sections dont deux sont entièrement à construire et une n'a plus besoin que d'être améliorée.

Ces sections sont les suivantes :

1° Arleux-Péronne, à construire	45 km
2° Péronne-Ham, du Canal de la Somme, à améliorer	24,5
3° Ham-Noyon, à construire	25,4
Total. . .	94,9 km

dont 69 à construire entièrement.

La section d'Arleux à Péronne réunit le canal de la Sensée à celui de la Somme, en suivant les vallées de l'Agache et de la Tortille, passant à Arleux, Maquion, Ruyaulcourt, dans le Pas-de-Calais, Étricourt et Péronne, dans la Somme. Dans cette section, le canal franchit le faîte du bassin de la Somme et de l'Escaut, avec un bief de partage de 19,900 km de longueur, comportant un tunnel de 5130 m, à l'altitude de 80,70 m, l'altitude du sol extérieur étant de 127,25 m.

Le projet de tunnel comporte deux variantes : l'une à voie simple de 8 m, l'autre à voie double de 15 m.

Au départ du bief sur l'Escaut, l'altitude est de 35,20 m. Les 45,50 m de chute qui en résultent seraient franchis soit par des ascenseurs à presse hydrauliques, du type de celui des Fonti-

nettes, exposé à Arras, dans une autre partie de l'Exposition, et qui a donné satisfaction; soit par des ascenseurs à flotteurs, du genre de ceux d'Henrichenburg (Allemagne), établis sur le canal de Dortmund à l'Ems, mais dont les résultats ont été peu encourageants; soit par des plans inclinés, dont l'expérience reste à faire; soit par des écluses doubles perfectionnées de 6,50 m de chute.

La section de Ham à Noyon réunit le canal de la Somme à celui de l'Oise par les vallées de l'Allemagne et de la Verse, en passant près de Guiscard. Dans cette section le canal franchit le faîte des bassins de la Somme et de l'Oise, à l'aide d'un souterrain de 2 km de longueur, et descend de 20 m au moyen de trois écluses doubles de 6,80 m de chute chacune.

Dans ce canal, le mouillage en plein bief sera partout de 2,50 m, et de 3 m dans le bief de partage de la section d'Arleux à Péronne; la largeur du plan d'eau de navigation sera de 21 m, celle du plafond de 12 m sous 2 m d'eau.

L'alimentation sera artificielle, les deux sas accolés de chaque écluse seront conjugués pour se vider l'un dans l'autre, afin d'économiser près de la moitié de l'eau.

La dépense prévue est de 60 millions de francs, et la Chambre de Commerce de Douai a promis d'y participer pour 30 millions, soit pour moitié de la dépense. Les compagnies houillères se sont engagées à souscrire l'emprunt que fera à cet effet la Chambre de Douai.

Ce canal fait partie des travaux prévus au projet de loi de 1901 de M. Baudin, qui met à la charge des intéressés, départements, communes, chambres de commmerce, etc., la moitié de la dépense et donnent à ceux-ci la faculté de percevoir :

1° Un droit de péage de 0,06 f par tonne kilométrée pour les marchandises de première catégorie comprenant les combustibles minéraux, minerais, matériaux de construction, etc., soit 0,57 f par tonne pour tout le canal; de 0,10 f et 0,12 f pour les marchandises de deuxième et troisième catégorie;

2° Un droit de 0,20 f par bateau vide de plus de 100 t et 0,10 f par bateau vide de moins de 100 t;

3° Pour le halage, un prix maximum de 0,02 f par tonne de jauge et de 0,04 f par tonne de chargement effectif.

Le trafic prévu est celui de 2 500 000 t pour assurer la rémunération de la dépense.

Ce canal a une importance économique considérable, car il est

destiné à doubler le trafic existant entre le bassin du Nord et Paris. On estime que la proportion des houilles transportées par voie d'eau sera de 40 0/0 et celle transportée par chemin de fer de 60 0/0. Ainsi, pour les 16 millions de tonnes produites en 1903, cela ferait 6400000 t par voie d'eau. On évalue les réductions de dépenses de fret à 1 f de Dunkerque à Lens et Douai, Lens à Paris, à 1,67 f à Amiens et 0,64 f à Reims, ce qui permettra à notre industrie minière d'abaisser d'autant ses prix de revient.

En terminant ce compte rendu de l'Exposition d'Arras, nous avons voulu donner, en manière de conclusion, dans ce dernier chapitre, les traits saillants d'un ouvrage qui relève plutôt de l'industrie des travaux publics, mais qui se rattache à l'exploitation des mines d'une façon nécessaire, puisqu'il sert à écouler au dehors les quantités de charbon toujours croissantes de notre grand bassin français et que dans le premier chapitre de ce travail nous avions indiquées.

L'avenir du bassin houiller du Nord de la France est ainsi doublement assuré non seulement par les travaux incessants du mineur, mais aussi par ceux non moins indispensables des constructeurs de voies d'écoulement de ses produits.

TABLE DES FIGURES DANS LE TEXTE

TABLE DES PLANCHES

ABLE ALPHABÉTIQUE DES EXPOSANTS

TABLE DES MATIÈRES

DISCOURS PRONONCÉS AUX OBSÈQUES

DE

M. FRANCISQUE REYMOND

ANCIEN PRÉSIDENT

Discours de M. FALLIÈRES, Président du Sénat.

MESSIEURS,

Au cours de la semaine qui vient de s'écouler, nous avons eu le très grand regret de perdre deux de nos éminents collègues, M. Reymond et M. le duc d'Audiffret-Pasquier.

M. Reymond, qui, depuis 1873, a siégé, sans interruption, à l'Assemblée nationale, à la Chambre des députés et au Sénat, s'était fait, dans les rangs du parti républicain, une place justement remarquée.

Ingénieur de haut mérite, il avait consacré la première partie de sa vie au service de la grande industrie. Il y développa les rares qualités de son esprit: la rapidité de la conception, la sûreté de l'exécution, la réduction à son moindre effet des entraves inopinées à la réalisation des résultats attendus. Son savoir égalait son expérience. Aussi lorsque, pour couronner sa carrière, on lui confia la direction de notre École centrale des Arts et Manufactures, dont il avait été dans sa jeunesse un des plus brillants élèves, ses conseils y furent-ils accueillis avec déférence, ses instructions exécutées avec empressement. Le jour où l'âge le contraignit à résigner ses fonctions, il emporta, dans sa retraite, l'estime de ses collaborateurs et la reconnaissance de tous ceux qui, à des degrés divers, avaient profité de son exemple et de ses leçons.

La simplicité de sa vie et la fermeté de ses convictions politiques n'avaient pas été, d'ailleurs, sans augmenter son légitime ascendant. D'opinion républicaine modérée, mais incapable de transiger avec le devoir, on était sûr de le trouver, aux moments difficiles, prévoyant et résolu, prenant délibérément sa part des responsabilités de son parti, marchant droit au but, en soldat discipliné, sans autres soucis que ceux du succès de sa

cause et de l'honneur de son drapeau. C'est ainsi qu'on le vit, au lendemain du 16 Mai, au nombre des 363, contribuant à repousser de toute son énergie l'assaut furieux que livra à nos institutions le pouvoir établi pour les défendre.

M. Reymond avait l'esprit ouvert à toutes les grandes idées et son cœur était tout à la démocratie. Connaissant le prix du travail, rien de ce qui touchait à son libre développement et à l'amélioration du sort de l'ouvrier, ne le laissait indifférent.

La modestie faisait le fond de sa franche nature ; elle donnait un charme particulier à sa fréquentation. Il était entouré ici de bien nombreuses et de bien solides amitiés. Aux regrets que sa mort nous inspire, il est aisé de mesurer l'étendue de la perte que nous avons faite.

Discours de M. L. COISEAU, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

MESSIEURS,

Je viens, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, adresser un dernier adieu à son ancien et regretté Président.

Francisque Reymond, dès sa sortie de l'École Centrale, dirigea sa carrière vers les travaux publics; il fut d'abôrd l'agent principal de l'entreprise Bordes et Mathussières, et collabora à l'exécution de travaux importants de la ligne de chemin de fer de Dôle à Besançon.

Il devint ensuite chef de division de l'entreprise Lacroix et Cie, pour l'exécution des travaux de la rivière du Lot, à Montauban.

Il retourne à l'entreprise Bordes et Mathussières, et, comme Directeur, construit la section de Toulon du chemin de fer de Marseille à Toulon qui comprend le beau viaduc de Bandol.

Il devient alors entrepreneur lui-même et construit des parties importantes des lignes de Lexos à Toulouse, pour la Compagnie d'Orléans et de Toulouse à Tarbes pour l'État.

Partout et toujours Reymond se distingua comme Ingénieur-constructeur.

A cette époque, on ne disposait pas des moyens puissants actuels pour le percement des tunnels et pour l'exécution des travaux dans des terrains difficiles; Reymond dut à son esprit ingénieux et d'initiative de mener à bien certains de ces travaux

qui présentaient de grandes difficultés, tels que les tunnels de Souelles et celui de Sarrouilles sur les lignes de Lexos à Toulouse et Tarbes à Toulouse.

D'un caractère très droit, très juste, de fermeté inébranlable, très généreux, Reymond était très aimé de ses ouvriers et très apprécié par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées sous le contrôle desquels s'exécutaient les travaux.

C'est avec grand regret qu'il abandonna en 1870, la carrière active d'Ingénieur, car il l'aimait de toutes ses forces; je ne puis mieux faire que de rappeler ici ce qu'à ce sujet il disait en prenant possession du fauteuil de la Présidence de notre Société.

« Oh! certes, nous l'aimons bien cette profession d'Ingénieur » libre, non pas parce que, réalisant le vœu formulé à deux » reprises par un de nos maîtres, Flachat, elle nous donne cette » part de considération publique et d'estime de nos amis sans » laquelle le travail est ingrat et souvent stérile. Nous l'aimons » pour elle-même, pour la grandeur de son œuvre civilisa- » trice. »

Très apprécié de ses concitoyens, il fut d'abord conseiller général de la Loire; puis député et enfin sénateur du même département.

Ancien Président de l'Association des Anciens Élèves de l'École Centrale, Reymond devint pendant quelque temps le Directeur de cette École. A cette occasion, il eut à défendre à plusieurs reprises, au Parlement, les intérêts des Élèves de nos différentes Écoles spéciales, et c'est à lui qu'est due en grande partie l'adoption de cette loi qui avait pour but de compter comme temps de service militaire aux Élèves de ces Écoles le temps qu'ils avaient passé sur leurs bancs.

Membre du Conseil supérieur du Commerce, de la section permanente du Comité consultatif et du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, du Conseil supérieur de l'Enseignement technique, du Comité consultatif de la navigation, du Conseil supérieur du Travail, du Conseil d'Administration du Conservatoire des Arts et Métiers, Président de la Commission technique des brevets d'invention et des marques de fabrique, Reymond, dans ces situations s'est toujours montré à la hauteur de sa tâche, ses conseils furent toujours appréciés, il s'est toujours montré l'homme d'un caractère élevé, le plus noble et le plus intègre.

Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France depuis

1858, il fut nommé membre du Comité de 1883 à 1887 et élu Président en 1888.

La Société perd en lui un de ses meilleurs conseils et ses Collègues un ami sûr, obligeant, toujours prêt à apporter son appui le plus complet à ceux qui y faisaient appel; sa mort laisse parmi nous un grand vide.

Puissent ces témoignages de sympathie et de regret apporter quelque adoucissement à la douleur de sa veuve et de sa famille si cruellement éprouvée.

Discours de M. Maurice LÉVY, de l'Institut, Président du Conseil de Perfectionnement de l'Ecole Centrale.

MESSIEURS,

L'École Centrale a la piété du souvenir. C'est son honneur et l'un des secrets de sa fortune toujours grandissante, malgré les obstacles de la route.

Trois noms sont sacrés pour tout centralien; il les emporte comme une relique partout où le destin l'amène. Ce sont les noms des trois fondateurs de l'Ecole : J.-B. Dumas, le grand chimiste; Péclet, le précurseur de la physique industrielle; Lavallée, le généreux initiateur, premier Directeur de l'Ecole.

J'estime que le nom de Francisque Reymond restera non loin de ceux que je viens de citer et, en pensant ainsi, je ne crois pas être dupe du parfait souvenir, que, comme tous ses collaborateurs, j'ai conservé de son passage à la Direction de l'Ecole. Car, s'il n'a pas, comme ses trois devanciers, présidé à la naissance de l'Ecole, il a puissamment contribué à sa première renaissance, en l'aidant de tous ses moyens à sortir du vieil hôtel de la rue de Thorigny, devenu trop exigu pour elle, et à lui procurer le nouvel édifice plus approprié qu'elle occupe aujourd'hui.

Rien ne lui coûtait quand il s'agissait de défendre les intérêts de l'Ecole; il n'y ménageait ni son temps, ni ses peines, ni l'influence que lui donnait sa situation parlementaire. Il a été le plus ardent promoteur de la loi qui a institué, à l'Ecole Centrale, l'enseignement et les exercices militaires poussés assez loin pour permettre aux élèves diplômés de remplir avec succès les fonctions d'officiers d'artillerie de réserve. Et, en cela, la suite l'a

prouvé, il a agi à la fois dans l'intérêt de l'Ecole Centrale et dans l'intérêt de l'armée, qui ne trouverait pas ailleurs un contingent annuel de plus de deux cents jeunes ingénieurs admirablement préparés au rôle militaire qui pourra leur être dévolu.

Sur le champ de bataille, l'Ecole Polytechnique et l'Ecole Centrale marcheraient ainsi la main dans la main, ne rivalisant que de science et de dévouement à la Patrie.

Après des services aussi signalés, et je n'ai mentionné que les plus marquants, les honneurs sont venus trouver Reymond, sans qu'il les eût jamais cherchés. Dans sa jeunesse, son ambition s'était bornée à succéder à son père comme entrepreneur de travaux publics. Il a exécuté ainsi, sous le voile de l'anonyme, d'importants travaux, notamment la ligne de chemin de fer, fort accidentée, de Dijon à Besançon. Sa grande loyauté lui a valu l'amitié de tous les ingénieurs de l'Etat et des Compagnies de chemins de fer avec lesquels il a travaillé. L'un des plus éminents lui a offert d'entrer comme Ingénieur à la Compagnie Paris-Lyon. Mais Reymond était comme le loup de la fable : il n'aimait pas le collier. Il tenait l'indépendance comme le seul bien enviable.

Ses concitoyens l'ont, de bonne heure, appelé au Sénat. Ses camarades l'ont porté à la Présidence de l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole Centrale; ses collègues de toute origine l'ont élu Président de la Société des Ingénieurs civils de France.

Le Gouvernement de la République a utilisé son concours dans la plupart des grands Conseils techniques de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics; il lui a confié en 1892, à titre de mission temporaire, la Direction de l'Ecole Centrale.

Là il se sentait en famille, aimé de tous et portant un intérêt paternel à tout le personnel. Il a amélioré le sort des plus humbles, aussi bien que la situation des membres du corps enseignant à tous les degrés de leur hiérarchie. Aux élèves il a cherché à inculquer le sentiment élevé qu'il avait lui-même de la profession d'ingénieur et du titre d'élève à l'Ecole Centrale.

Il s'est retiré au bout de peu d'années, non par lassitude, mais parce qu'il jugeait que son indépendance parlementaire pouvait parfois avoir à souffrir de sa situation de fonctionnaire de l'Etat, même à titre temporaire.

Le hasard de la présidence du Conseil de perfectionnement m'a alors procuré l'honneur et la grande joie de lui présenter,

dans un fraternel banquet, les félicitations de ses collaborateurs, à l'occasion de son élévation au grade d'officier de la Légion d'honneur. Le hasard prend sa revanche aujourd'hui, en m'obligeant, au même titre, à lui rendre les suprêmes honneurs. Il a emporté nos unanimes regrets dans sa retraite de l'Ecole ; sa mémoire restera dans nos cœurs, et comme je l'ai dit en commençant, se perpétuera dans le souvenir reconnaissant de toutes les promotions qui se succéderont à l'Ecole.

Puisse cette pensée adoucir la douleur de sa digne compagne, qui l'a secondé avec tant de tact et de bonne grâce dans la difficile et trop brève mission qu'il a remplie au milieu de nous.

Discours de M. P. ROGER, président de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

MESSIEURS,

L'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole centrale perd en Francisque Reymond un de ses meilleurs, un de ses plus éminents collaborateurs.

La mort nous enlève un ami sûr et sincère, qui ne ménageait ni son temps, ni sa peine, qu'on trouvait toujours, obligeant et dévoué, chaque fois qu'il s'agissait de l'intérêt de notre Ecole centrale qu'il aimait tant.

D'autres ont parlé des services qu'il a rendus comme ingénieur ou comme homme politique, ils ont dit quelle fut sa brillante carrière depuis sa sortie de l'Ecole en 1852, ils ont énuméré les travaux qu'il a dirigés ou entrepris.

Quant à moi, je ne veux saluer ici que l'ancien président de notre Association, que le camarade dont le nom si justement aimé et vénéré restera éternellement gravé dans nos cœurs.

Et comment pourrions-nous oublier celui que nous avons vu si ardent à défendre nos intérêts les plus chers, si empressé à nous apporter les conseils éclairés de son expérience et de sa raison ?

Francisque Reymond, président de notre Association en 1883, sous un aspect parfois un peu sévère cachait la plus parfaite bonté, une indulgence aimable et accueillante.

Par son caractère noble et élevé, par la sûreté de ses rapports, par ses sentiments de droiture et d'équité, il sut conquérir tous

les suffrages, s'attirer toutes les sympathies, se concilier toutes les affections.

Aussi, lorsqu'il fut promu officier de la Légion d'honneur, tous ses camarades d'école s'empressèrent-ils de lui témoigner leur joie et ce fut une manifestation de camaraderie, grandiose, unanime, affectueuse dont Reymond gardait toujours le touchant souvenir.

Aujourd hui, ces mêmes camarades lui adressent par ma voix le suprême et dernier adieu et puisque par ses enfants, un d'entre eux appartient à notre Ecole centrale, ils reporteront sur lui l'affection qu'ils témoignaient au père.

Qu'il leur soit permis d'adresser ici à la digne et dévouée compagne et aux trois fils de leur regretté président, si douloureusement atteints, si cruellement éprouvés, l'expression de leur déférence et de leur respectueuse sympathie, heureux s'ils peuvent par ce témoignage unanime adoucir pour eux l'amertume de leur douleur et de leurs regrets.

Allocution de M. A. PICARD, Vice-Président du Comité consultatif des Chemins de fer.

MESSIEURS,

Depuis notre dernière réunion, un grand vide s'est produit dans les rangs du Comité consultatif des chemins de fer. Notre éminent collègue M. le sénateur Francisque Reymond a été emporté le 1er juin par une maladie presque foudroyante, contre laquelle le dévouement de sa famille et la science de son fils sont restés impuissants.

Il y a peu de temps, nous voyions encore parmi nous M. Reymond insensible aux atteintes de l'âge et du labeur, portant avec une allègre vigueur le poids de ses soixante-seize ans, donnant à tous un incomparable exemple de vaillante résistance. La nouvelle inattendue de sa disparition nous a été particulièrement cruelle.

M. Reymond appartenait au Comité depuis 1885. Pendant plus de vingt ans, il s'est montré l'un des fidèles de cette assemblée. Vous savez son admirable assiduité à nos séances, le talent et l'expérience consommée dont il nous prodiguait l'inappréciable concours dans nos études et nos délibérations, les témoignages

incessants de son dévouement passionné à l'œuvre remise entre nos mains par la confiance du Gouvernement.

A peine ai-je besoin de rappeler les importants travaux auxquels M. Reymond apporta son active participation. Ce fut d'abord la revision générale des tarifs pour les réseaux de Paris à Orléans, de l'Ouest et du Midi. Le Comité consultatif des chemins de fer traversait alors une période que seuls les vétérans ont connue et que j'appellerais volontiers l'âge héroïque, tant la tâche était lourde, ingrate, pénible. Il fallait jeter un peu de lumière dans les ténèbres d'une taxation échafaudée au jour le jour et sans vues d'ensemble, mettre autant que possible l'ordre à la place du chaos, reprendre pierre par pierre une vraie tour de Babel prête à s'écrouler. Des obstacles en apparence insurmontables surgissaient les uns après les autres. Le Comité devait accomplir sa mission d'une main courageuse et cependant éviter une trop profonde atteinte aux recettes des Compagnies, aux intérêts du Trésor, aux situations acquises. Il ne pouvait d'ailleurs agir vis-à-vis des concessionnaires que par voie de persuasion et d'entente. Les séances de Commissions se succédaient longues et nombreuses, se tenaient même le soir. Si les résultats demeurèrent imparfaits, je n'hésite pas à dire qu'ils constitueront toujours un titre à la reconnaissance publique pour les artisans de la réforme, en particulier pour celui dont la sagesse et la ferme modération ne furent jamais en défaut.

Plus tard, M. Reymond n'a cessé d'être sur la brèche, présentant d'innombrables rapports au sujet de questions souvent délicates et présidant encore récemment des Commissions telles que celles de la suppression des paliers dans les tarifs du réseau de Paris à Lyon et à la Méditerranée, de la refonte des tarifications algériennes, de la concurrence entre les ports de l'Océan.

Deux idées dominantes se dégagaient en toute occasion de ses avis. Il défendait avec une tenace conviction les intérêts de la batellerie libre et abandonnée à ses propres forces, chaque fois que ces intérêts lui paraissaient menacés par les entreprises garanties ou subventionnées ; il était l'éloquent avocat des régions dépourvues de voies fluviales et méritant à ses yeux d'autant plus de bienveillance que la nature les avait déshéritées.

Sa compétence indiscutée se doublait d'une bonté, d'une loyale conscience, d'un scrupuleux amour de la justice, d'une douceur charmante devant laquelle la contradiction restait désarmée.

Je ne connais pas d'assemblée où se nouent des amitiés plus

solides et plus durables que celle-ci. Point de compétitions en jeu; point d'autre souci que celui du bien public; point d'autre préoccupation que de servir modestement le pays et la République. Les opinions et les tendances peuvent différer, le but supérieur ne varie pas. De là une estime réciproque, source vive de l'affection. Cette estime, nul ne la mérita mieux que M. Reymond, vers qui allaient nos chaudes et déférentes sympathies.

Quant à moi, je n'ai pas eu d'ami plus sûr et, jusqu'au dernier jour, je considérerai comme un honneur notre collaboration trop tôt interrompue. Il me semble qu'une belle page se soit déchirée pour moi dans le livre du passé, qu'une parcelle de ma vie vienne de s'éteindre.

Saluons respectueusement la mémoire de M. Francisque Reymond ; gardons pieusement son souvenir ; inspirons-nous de ses exemples : nous ne saurions lui rendre un plus éclatant hommage !

Discours de M. le PRÉFET DE LA LOIRE.

Messieurs,

Il semble qu'un injuste destin ait voulu, dans ce département, sacrifier les plus dignes à ses rigueurs inexplicables. Nous vivions encore dans le douloureux souvenir d'une mort tragique, lorsqu'un nouveau deuil est venu nous atteindre. M. le sénateur Reymond a été brusquement ravi à notre affection.

Une foule immense entoure ce cercueil ; venue de tous les points du département, elle apporte à celui que nous pleurons le grand hommage de l'estime publique ; nul ne l'a mieux mérité. Cet hommage, nous le devions à Francisque Reymond, qui a mis avec le plus généreux abandon, au service de son pays, de ses concitoyens, de ses convictions : fortune, situation, intelligence, activité. Aussi les regrets que j'apporte sur sa tombe ne sont-ils pas seulement l'expression profondément sincère d'une douleur personnelle, mais encore la manifestation des sentiments du Gouvernement de la République.

La vie de M. Reymond est un enseignement. Elle peut être donnée en exemple à ceux qui ont à cœur de prendre le devoir pour guide et trouvent en eux-mêmes leur récompense. M. Reymond fut non seulement une rare intelligence, mais en-

core une conscience et un caractère. Sa vie a été des plus belles et des mieux remplies. Après avoir été un des plus brillants élèves de l'École centrale, il se donna tout entier, durant de longues années, à l'exécution de grands travaux publics. Puis vint l'affreuse guerre de 1870, si follement déclarée ! Francisque Reymond fut alors de ceux qui comprirent la grande leçon de nos désastres et pensèrent que chacun devait désormais prendre sa part, si petite qu'elle soit, des affaires publiques, les regarder comme siennes et préparer ainsi à notre pays ce prompt relèvement qui a fait l'admiration du monde.

Convaincu que la forme républicaine pourrait seule appeler et réunir les dévouements indispensables à ce généreux effort, il s'en fit le défenseur dans cette ville qu'il affectionnait et où il était revenu pendant la guerre. Par l'ascendant de son caractère, le respect et la sympathie qu'il inspirait, il ne tarda pas à grouper autour de lui des représentants autorisés de la plupart des communes du département. Dans cette œuvre de propagande, à la fois patriotique et républicaine, il fit preuve d'un talent et d'une persévérance qui devaient aussitôt porter leurs fruits. Aux élections de 1871, le canton de Saint-Galmier l'envoya siéger au Conseil général, qu'il eut, pendant de longues années, l'honneur de présider.

On sait avec quelle sollicitude et quel dévouement il remplit ce mandat qui lui fut renouvelé pendant trente ans sans interruption et souvent sans contestation. La part importante et très utile qu'il prenait aux discussions, dans lesquelles sa parole ardente, mais toujours courtoise, était écoutée avec une respectueuse déférence, témoigna hautement du vif intérêt qu'il apporta pendant cette longue période à l'étude des affaires départementales.

En 1873, la mort de Dorian, le Ministre des travaux publics de la Défense nationale, rendit nécessaire une élection à l'Assemblée nationale. M. Thiers, qui pourtant avait bien mérité le titre que l'histoire lui a décerné de « libérateur du territoire », venait d'être renversé par la coalition monarchique. Francisque Reymond fut le candidat de tout le parti républicain et son élection faite à une écrasante majorité, fut une belle et éclatante manifestation de la volonté de ce département de rester fidèle à la République.

Réélu député de la 2e circonscription de Montbrison en 1876, 1877, 1881 et 1885, il était un des rares survivants de ces 363

qui donnèrent le signal de la résistance à cette mémorable entreprise du 16 Mai qui échoua lamentablement devant la calme résolution du pays. La France n'avait pas besoin de sauveurs; elle savait, hélas! ce que lui avait coûté le naufrage de la liberté !

Mais le parti républicain de la Loire, reconnaissant les innombrables services rendus, réservait à M. Reymond un siège à la Chambre Haute. Il y entra en janvier 1888 et fut réélu en 1897. Ses collègues vous diront comment, sans souci de son repos ni de sa santé, il s'est acquitté de son mandat; le sentiment qu'il avait de ses devoirs; l'estime dont il était entouré au Sénat et l'autorité de sa parole précise, souvent éloquente. Fidèle à la République qu'il avait loyalement servie dès le lendemain de nos désastres, il fut l'un des soutiens les plus énergiques et les plus ardents de Waldeck-Rousseau, lorsque ce grand homme d'État reconnut l'urgence et la nécessité d'une politique d'action et de défense républicaines.

Son zèle grandissait avec son autorité et, bien qu'il fut absorbé par les exigences quotidiennes de son mandat, il trouvait encore le loisir de s'intéresser aux progrès de la science, aux arts dont il était épris, à la nature qu'il aimait à contempler au cours de ses voyages. Souvent, de loin, il correspondait avec ses nombreux amis, consulté, écouté, prêtant à tous le concours de son expérience. Dur à la tâche, ce vieillard vigoureux ne se ménageait point, et, d'une activité surprenante, il semblait craindre plutôt que le travail ne manquât à sa bonne volonté. C'est ainsi qu'il était membre du Comité consultatif et technique des Chemins de fer, du Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie, du Conseil d'administration du Conservatoire des Arts et Métiers, du Conseil supérieur de l'Enseignement technique, de la Commission des Brevets et des Marques de fabrique. Il fut aussi président de la Société des Ingénieurs civils de France et de l'Association amicale des Anciens élèves de cette École centrale des Arts et Manufactures qu'il devait diriger plus tard pendant plusieurs années. C'est lorsqu'il résigna ces hautes fonctions que le Gouvernement de la République, pour le récompenser de ses éminents services, lui décerna la croix d'officier de la Légion d'honneur.

Mais qui pourra dire le nombre des souffrances que son inépuisable bonté a discrètement consolées? Qui pourra énumérer les services rendus? Son obligeance infatigable le portait à faire

le bien et il n'usait de son mandat, de ses hautes fonctions, de son autorité, de son influence que pour être utile à tous ses concitoyens.

Grande est l'affluence de ceux qui sont venus lui rendre les derniers devoirs. Bien plus grande encore elle serait si tous ceux qu'il a obligés avaient pu se joindre à nous pour apporter à l'admirable compagne de sa vie, à ses enfants, à tous les siens, l'expression émue de leurs sentiments attristés.

C'est à son robuste bon sens, cette qualité maîtresse des hommes politiques ; c'est à la droiture et à la loyauté de son caractère, à la sincérité de ses convictions, à la fermeté de ses principes, à la fidélité de son amitié, à son esprit de tolérance, que le parti tout entier allait rendre un nouvel hommage en l'appelant une fois de plus, par ses unanimes suffrages, à l'honneur de le représenter. Et c'est à cette heure même que la mort implacable, foudroyante, est venue l'enlever.

Le département de la Loire fait une grande perte que le temps fera sentir encore davantage. C'est en son nom, Monsieur Reymond, que je vous dis adieu. Votre souvenir vivra au milieu de nous. Dans les luttes quotidiennes, où nous retournons, nous nous inspirerons de l'exemple que vous avez laissé, de votre vie tout entière consacrée au devoir, de votre fermeté, de vos vertus, et c'est ainsi que nous honorerons votre mémoire d'une manière digne de vous, digne de la République que vous avez si noblement et si utilement servie. Adieu !

Discours de M. LEVET, Député de la première circonscription de Montbrison.

Messieurs,

Il me faut surmonter une émotion bien grande pour prendre la parole au bord de cette tombe, car je comprends toute l'étendue de la perte que vient de faire le département de la Loire et il ne m'est pas possible non plus de ne pas me souvenir que Francisque Reymond fut un ami, un compagnon de lutte des premiers jours.

A la chute de l'empire, après la proclamation de la République, il fut l'un des cinq citoyens qui composaient la Commission permanente instituée par le Conseil municipal de Mont-

brison et qui fut chargée par le délégué du gouvernement provisoire du 4 Septembre d'exercer l'autorité sous-préfectorale et de faire proclamer la République dans toutes les communes de l'arrondissement.

J.-B. Chavassieux et Émile Dulac sont morts; aujourd'hui nous avons la douleur d'accompagner Francisque Reymond à sa dernière demeure. Et c'est le triste devoir du collègue de 1870 de saluer ici les restes de celui qui, pendant un quart de siècle, a lutté pour la démocratie et travaillé avec ardeur jusqu'au dernier jour aux intérêts du pays.

Depuis cette époque, en effet, l'Ingénieur Reymond, après avoir consacré sa première jeunesse à la direction de nombreux et importants travaux publics, était venu, jeune encore, se fixer dans sa ville natale et il ne cessa de consacrer toute son énergie et tout son dévouement au service de ses concitoyens.

Il devient bientôt adjoint au maire de Montbrison, puis conseiller général du canton de Saint-Galmier, et la place importante qu'il prit de suite par son autorité et sa compétence dans les délibérations départementales, le fit désigner, en 1873, pour remplacer notre grand Dorian à l'Assemblée nationale; il fut du nombre de ces 363 représentants qui infligèrent à la coalition des ennemis de la République un échec définitif et a été constamment réélu à la Chambre des députés jusqu'au moment où il entrait au Sénat, le 5 janvier 1888.

Dans ces Assemblées, Reymond sut se faire une situation importante. Quand il prenait la parole, il était toujours écouté, parce qu'il ne parlait que pour traiter les questions qu'il connaissait très bien et dans lesquelles son expérience ne pouvait manquer de faire impression sur ses collègues.

Le Gouvernement de la République avait trouvé en lui un conseiller précieux, l'avait fait entrer dans les différents Comités et Conseils supérieurs où son influence s'exerçait toujours d'une manière efficace.

Je n'ai pas l'intention de faire ici l'historique complet d'une vie si bien remplie et qui conserva jusqu'à la fin son intense activité, mais je tiens à rappeler qu'aucune affaire intéressant le département n'était étrangère à Reymond, qu'il s'agît de canaux, de chemins de fer, de routes, comme de questions industrielles ou commerciales, et l'on n'a pas oublié l'énergieavec laquelle il défendit les intérêts de l'industrie textile de notre région.

La mort de Francisque Reymond va faire un grand vide dans notre pays ; aussi, la nouvelle de sa mort si inattendue a-t-elle provoqué à Montbrison une émotion profonde et causé un vif chagrin à ses amis qui, il y a quelques jours à peine, l'avaient vu partir pour Paris, plein de vie et de santé.

La République voit disparaître avec Francisque Reymond un de ses plus anciens et de ses plus éminents serviteurs. Ses concitoyens perdent en lui un représentant actif et dévoué et les membres du Parlement un collaborateur estimé et aimé dont le souvenir ne périra pas.

Au nom des députés de la Loire, j'ai la douleur d'adresser un dernier adieu à notre regretté collègue et d'exprimer à Madame Reymond, sa veuve, à ses enfants et à sa famille nos sincères condoléances.

Reymond, adieu.

Discours de M. ORY. Député de la deuxième circonscription de Montbrison.

MESSIEURS,

C'est avec un sentiment de profonde tristesse que je viens accomplir le pénible devoir, en ma qualité de député, d'adresser un suprême adieu à l'homme de bien, au républicain convaincu, que nous accompagnons à sa dernière demeure, et qui fut, durant plusieurs législatures, le député de la deuxième circonscriptionde Montbrison.

La vie politique de Francisque Reymond est connue de vous tous ; c'est un vétéran du Parlement français qui vient de disparaître, après avoir parcouru, pendant plus de trente années et sans interruption comme sans défaillance, la plus glorieuse des carrières.

Il a eu l'insigne honneur de compter au nombre des représentants républicains de l'Assemblée nationale. Cette Assemblée avait été nommée en 1871 au scrutin de liste. Une élection partielle eut lieu dans la Loire, le 12 octobre 1873, en remplacement de notre illustre compatriote Pierre-Frédéric Dorian, ancien membre du Gouvernement de la Défense nationale. dont le nom doit être trois fois cher aux habitants de nos contrées.

Francisque Reymond, que les républicains du département

avaient désigné pour occuper le siège de ce grand citoyen, fut élu à une très forte majorité.

Le 20 février 1876, après l'institution du scrutin d'arrondissement, il fut nommé, par 9 334 voix, député de la deuxième circonscription de Montbrison. Il fit partie des 363. A la suite de la dissolution de la Chambre, décrétée le 25 juin 1877, les électeurs lui donnèrent, au scrutin du 14 octobre suivant, un éclatant témoignage de confiance en lui confirmant son mandat par 9 631 suffrages.

Il fut réélu de nouveau, par 8 201 voix, le 21 août 1881.

Le 16 juin 1885, le scrutin de liste était de nouveau rétabli. Les élections eurent lieu les 4 et 18 octobre; cette fois encore il fut nommé par 66 227 voix sur 116 857 votants.

Enfin, en 1888, le 4 janvier, il entrait au Sénat, élu en tête de la liste par 495 voix.

Réélu, en 1897, il n'avait cessé de s'occuper de la façon la plus active, à la haute Assemblée, des intérêts de notre cher département.

Son énergie, sa verte et vaillante vieillesse, les sympathies et le respect dont il était entouré nous laissaient espérer qu'il pourrait donner encore une dernière preuve de dévouement à son pays et à ses amis en acceptant dans quelques mois le renouvellement de son mandat.

La mort impitoyable vient de le frapper !

Et cependant, il y a quelques jours à peine, il était encore au milieu de nous, s'acquittant avec le même zèle scrupuleux, la même autorité, la même indépendance, des charges de sa haute fonction. Il aura poursuivi jusqu'au bout et sans faiblesse son infatigable labeur.

J'aurais cru manquer à mon devoir si je n'avais pas apporté un suprême témoignage de reconnaissance à celui qui a représenté si noblement à la Chambre la deuxième circonscription de Montbrison.

Ingénieur, député, président du Conseil général de la Loire, sénateur, Francisque Reymond n'a cessé de donner sans compter son temps et sa peine et de mettre au service de l'agriculture et des industries de notre région ses vastes connaissances, son expérience consommée des affaires et l'influence légitime qu'il avait acquise par un long passé de travail et d'honneur.

Il a aimé la République avec passion, il l'a servie avec le dévouement le plus absolu. Dans ces derniers temps surtout, il

nous avait montré qu'il se rappelait toujours combien l'amour de la République était inséparable de l'amour de la justice et du respect dû à la liberté. Ses conceptions politiques étaient aussi nettes et aussi généreuses que le jour où il était entré à l'Assemblée nationale.

Ancien compagnon de lutte des Gambetta, des Ferry, des Spuller et de tous les véritables fondateurs de la République, Francisque Reymond emporte dans la tombe les respects unanimes des amis de l'ordre, de la liberté, du progrès, des patriotes et de tous les républicains.

L'œuvre qu'il a accomplie dans notre département sera impérissable comme son souvenir.

Puisse sa famille, si cruellement et si soudainement frappée, trouver dans la manifestation imposante du deuil public et dans les hommages rendus à la mémoire de ce grand républicain un allègement à sa profonde douleur!

Discours de M. CHIALVO, Maire de Montbrison.

MESSIEURS,

Je m'efforcerai de dominer un instant la douleur que rien n'atténuera, de contenir l'émotion qui m'étreint, plus vive encore devant ce cercueil où repose celui qui fut mon ami le plus sincère et le plus dévoué.

Je voudrais être capable de dire, comme maire de Montbrison, quelle douloureuse stupéfaction éprouva notre excellente population lorsqu'elle apprit la nouvelle imprévue de la mort de celui que nous pleurons.

Je voudrais être capable de montrer quelle perte elle fait par la mort de cet homme si dévoué, si serviable, si juste, si droit, si vaillant, qui l'aimait plus que lui-même, la confondant tout entière dans sa paternelle affection avec sa propre famille.

Cette perte est une perte irréparable. A quelque situation politique que se soit élevé M. Reymond — et chaque échelon qu'il gravissait n'était pour lui qu'un moyen d'étendre le rayon d'action de ses services — quelque fonction qu'il ait remplie, il n'oublia jamais ni ses concitoyens, ni la ville où il était né, ni le département qui l'avait élu et chaque question d'intérêt général se rattachant au progrès agricole ou à la prospérité industriolle de notre pays était un stimulant à l'activité qu'il dépen-

sait au delà même de ses forces pour toutes les causes qu'il croyait justes.

Il appartenait à M. le Préfet de la Loire, il appartenait aux hommes politiques qui furent ses collègues et ses collaborateurs, qui furent et sont restés ses amis, d'apprécier les services immenses qu'il a rendus à son pays et au parti républicain, dont il fut le chef vénéré et incontesté, durant les trente-cinq années qu'il consacra aux fonctions électives et de mesurer la place qu'il laisse vide.

Pour nous, ses concitoyens, nous n'avons connu ici à M. Reymond d'autre idéal que de rendre service à tous sans distinction, d'autre but politique que d'amener l'union et la concorde dans l'amour de la République, par le respect de la liberté et la pratique de la justice.

Nous ne connaîtrons, il est vrai, toute l'étendue de la perte que nous faisons que lorsque naîtront ou s'agiteront les questions dont pourra dépendre la prospérité de notre ville et pour la solution desquelles sa haute autorité, ses conseils, son puissant appui étaient les sûrs garants du succès.

Son ardeur au travail était inlassable, sa philanthropie était sans borne. M. Reymond, qui s'inquiétait encore des services qu'il pourrait rendre à la fabrique stéphanoise avant de partir pour la Tunisie, voyage qu'il fit étant déjà malade, M. Reymond n'avait assigné d'autre terme à son incomparable activité que le jour de l'éternel repos.

Il savait que, quand cette heure sonnerait, en quelque année qu'elle sonnât, sa tâche serait remplie. Cette quiétude que laisse le sentiment du devoir accompli fut entière chez lui. J'en apporte le témoignage à mes concitoyens, à ses amis.

C'était à moi, l'ami reconnaissant de tant de conseils éclairés, de tant de dévouement désintéressé, qui avait vu ce que d'autres expliqueront mieux que moi, comment s'écoule une existence toute consacrée à l'intéret général, c'était à moi qu'allait être donnée, en suprême exemple, la leçon de la mort.

Au cours de circonstances bien douloureuses, qui m'avaient obligé à séjourner à Paris, M. Reymond était venu, le premier, saluer l'éclair d'espoir dont la science vraiment prodigieuse de son fils avait illuminé mes espérances.

Et dans ce même appartement, quelques jours plus tard, il était alité, frappé à son tour d'un mal terrible qui devait le terrasser et le vaincre. Lorsque l'issue fatale lui apparut, par pure

intuition, sans qu'aucun docteur l'eût averti, sa sérénité ne fut pas troublée. Elle devint même, de cette appréciation exacte de la situation, plus complète, plus calme, plus réfléchie.

Il songea à ses fils qu'il aimait passionnément et dont il était passionnément chéri. Il savait quelle mère il leur laissait. Il savait que cette mère, modèle de tous les devoirs et de tous les courages, cette femme devant laquelle s'est respectueusement inclinée la première pensée de tous ceux qui apprirent la fatale nouvelle, saurait comprendre que son devoir était de se conserver à l'affection de ses enfants, et après avoir écouté ses conseils pour tout ce qui personnellement pouvait l'intéresser, il mit en balance les quelques heures qu'il lui restait à vivre avec les devoirs qu'il lui restait à remplir et qu'il s'était imposés, et le dernier témoignage de confiance et d'inaltérable amitié qu'il me donna, fut de me charger de remplir auprès de quelques amis une mission qu'il avait acceptée récemment, prévoyant que ses forces répondraient à son dévouement.

Il s'agissait de rendre un solennel hommage à un ami et c'était un appel à l'union pour la grandeur de la France et de la République qu'il me chargeait de faire entendre pour lui, au moment où sa belle âme allait s'envoler dans l'éternité.

Impuissant à apporter des consolations à une famille dont je ressens toute la douleur, dont j'apprécie toute la perte et dont je partage tous les chagrins, je ne puis que pleurer avec elle et m'incliner, partageant les mêmes espérances, devant le cercueil de celui dont je suis fier et honoré d'avoir été l'ami, et qui fut et restera pour tous les gens de cœur, pour tous les honnêtes gens que n'aveugle pas la haine politique, la plus haute personnification de la loyauté, du devoir et de l'honneur.

Discours de M. AUDIFFRED, Sénateur.

MESDAMES, MESSIEURS,

Au nom de ses nombreux amis du Sénat et de mes collègues du département de la Loire, j'ai la douleur de dire aujourd'hui un dernier adieu à l'un des meilleurs et des plus utiles serviteurs du pays et de la République.

M. Reymond était conseiller général lorsque, en 1873, disparut en pleine force Dorian qui, nommé ministre des travaux

publics de la Défense nationale, avait su transformer les usines métallurgiques de Paris investi en un atelier pour la fabrication des canons.

D'une seule voix, les républicains du département, appréciant la haute valeur dont il avait fait preuve dans l'Assemblée départementale, le désignèrent pour lui succéder. Il fut élu à une majorité considérable. Depuis, il n'a cessé de représenter le département à la Chambre ou au Sénat. Et dans toutes ces Assemblées il avait acquis la réputation d'un homme de haute valeur, de connaissances techniques étendues, toujours prêt à se dévouer aux grands intérêts du pays.

La politique pure l'attirait peu. Très ferme républicain, l'un des fondateurs du régime, très attaché au maintien de nos institutions, plein d'ardeur dans les circonstances difficiles, il portait de préférence son esprit et son activité sur les questions ayant trait aux intérêts économiques et sociaux.

C'est ainsi qu'après être rentré à Montbrison, après avoir clos sa carrière de constructeur de chemins de fer, il se passionnait pour l'assainissement et la fertilisation de la plaine du Forez, alors ravagée par les fièvres.

Dès ce moment, il luttait pour l'achèvement du canal d'irrigation. Quinze ans plus tard, après une campagne persévérante, secondé par ses collègues du département, il obtenait des pouvoirs publics les crédits nécessaires pour l'exécution définitive de cette œuvre qui donne maintenant de si beaux résultats.

Si aujourd'hui cette grande région est salubre et fertile, c'est en grande partie à sa ténacité qu'on le doit.

A la Chambre et au Sénat, il a pris part avec autorité à toutes les grandes discussions sur les tarifs de douane et les travaux publics, sans limiter son intervention aux intérêts de la région qu'il représentait. Ses rapports et ses discours sur les chemins de fer de pénétration d'Algérie, sur l'agrandissement du port du Havre en témoignent suffisamment.

Il donna un concours de tous les instants, pendant les quinze années qu'en dura l'exécution, à la transformation du canal de Roanne à Paris, qui maintenant est une des grandes et des plus belles voies navigables de France.

Il voulait, reprenant des projets bien anciens, la poursuivre par Saint-Étienne jusqu'à Givors, et créer ainsi ce fameux canal de jonction de Rhône-et-Loire qu'on diffère encore et qu'on finira bien par exécuter.

Lorsque l'entreprise sera achevée, le nom de Reymond figurera parmi ceux de ses plus utiles promoteurs.

Ingénieur distingué, porté par ses collègues à la présidence de la Société des Ingénieurs civils, à la direction de l'École centrale où il ne resta que pour réaliser certaines améliorations nécessaires; en possession d'une très grande autorité dans le monde de l'industrie, il consacra une grande partie de son temps aux travaux du Comité consultatif des chemins de fer. Dans cette Assemblée où aboutissent toutes les questions de tarifs et de perfectionnement de l'outillage de la grande industrie des chemins de fer, une élite d'hommes travaille obscurément, sans que jamais le nom de ceux qui la composent arrivent au grand public. Cette élite assure la marche et le développement du plus puissant instrument de progrès qui soit au monde. M. Reymond en faisait partie et c'est lui rendre un hommage mérité que de le rappeler.

Je pourrais dire encore l'œuvre de M. Reymond comme conseiller général, comme président de l'Assemblée départementale dont il dirigea les travaux pendant sept années. Mais ce serait accentuer encore les regrets que nous cause la disparition imprévue de ce vaillant qui, parvenu à un âge avancé, avait conservé intactes la vigueur, l'énergie et la puissance de travail de l'âge mur.

En lui adressant un dernier adieu, je souhaite que la pensée des services rendus soit une consolation pour l'admirable femme qui a été la compagne dévouée et la collaboratrice de sa vie et pour ses trois fils qui, sous l'influence d'une vigilante et saine éducation de famille, sont devenus des hommes utiles.

CHRONIQUE

N° 307.

Résultats de service de la locomotive compound articulée système Mallet, du Baltimore-Ohio Railroad. — Nous avons dit quelques mots dans la Chronique de Novembre 1904, page 650, de la locomotive compound articulée système Mallet, construite par l'American Locomotive Company, dans ses ateliers de Schenectady, pour le Baltimore-Ohio Railroad, machine qui constituait à la fois un exemple d'introduction d'un type européen de locomotive aux Etats-Unis et la plus grosse locomotive construite jusqu'ici.

Il est intéressant de connaître les résultats donnés en service par cette machine qui n'avait pas été accueillie sans défiance de l'autre côté de l'Atlantique, si nous en croyons l'*American Engineer and Railroad Journal* qui dit dans son numéro de juin : « Ceux qui ont annoncé que la grosse locomotive articulée système Mallet causerait toutes sortes d'ennuis et de déboires au Baltimore-Ohio feront bien de lire le rapport de M. E. Muhlfeld, directeur de la traction de cette ligne, rapport que nous donnons plus loin. Ils y verront que cette machine a eu le succès le plus complet.

Les conclusions de ce rapport sont très importantes, parce qu'elles affirment les avantages de ce type pour les grosses locomotives. C'est juste ce qu'il faut pour le service des trains lourds sur les lignes accidentées et il n'y a aucune raison pour ne pas l'employer comme type courant pour les grosses machines à marchandises. Un fait important à noter est que le service a toujours été fait avec un seul chauffeur, malgré les dimensions exceptionnelles de la chaudière qui a 6,72 m² de surface de grille et 520 m² de surface de chauffe. »

Voici le rapport de M. Muhlfeld :

« Après la fermeture de l'Exposition de Saint-Louis, la machine n° 2 400 a été envoyée sur la division de Connellsville du Baltimore-Ohio R. R. et mise en service régulier le 6 janvier 1905. Elle a fait pendant quatre mois le service courant et le service de renfort sur les rampes en effectuant dans ce temps un parcours de 21 700 km.

Cette machine a été faite pour régulariser le service de la traction dans cette division et réduire le nombre des machines et des équipes nécessaires pour assurer le lourd trafic dans la région montagneuse. Pour réaliser une locomotive de puissance extraordinaire sur un profil comportant de fortes rampes et des courbes de petit rayon, il fallait

obtenir le maximum d'adhérence sur une faible longueur rigide et une grande longueur flexible.

Le poids total, uniquement porté par les roues motrices ou accouplées, dont le diamètre est de 1,45 m, atteint 151 500 kg en ordre de marche. Avec le tender, qui porte 13 500 kg de combustible et 27 000 litres d'eau, le poids total du moteur est de 217 200 kg, c'est-à-dire environ 88 500 kg de moins que le poids collectif de deux machines *Consolidation* du plus fort modèle employées pour faire le même service dans la région montagneuse.

L'effort collectif de traction de ces deux machines, pris au crochet d'attelage du tender, est de 35 970 kg, celui de la machine n° 2 400 est de 33 530 à la marche compound et de 38 000 kg avec admission directe dans les cylindres à basse pression.

Les deux machines *Consolidation* trainent sur la section de montagnes 1 835 tonnes métriques constituées par des wagons en acier chargés de 45 300 kg chacun. La machine 2 400 remorque, avec le concours d'une machine *Consolidation*, un train de même nature pesant 2 910 t. Ces chiffres se rapportent à une vitesse de 16 km à l'heure, sous des conditions atmosphériques favorables, avec du combustible de bonne qualité, la machine 2 400 fonctionnant à la marche compound.

Le service accompli pendant les quatre mois indiqués a montré que les dispositions spéciales au système ont bien fonctionné ; l'articulation, les deux paires de cylindres avec l'appareil de démarrage placé entre deux, la distribution Walschaerts et sa double commande à bras et mécanique, les tuyaux articulés pour le receiver et l'échappement, n'ont donné lieu à aucune difficulté quelconque. Le passage dans les courbes, dans les deux sens de la marche, s'est opéré d'une manière satisfaisante et l'usure des boudins a été très modérée, bien que toutes les roues en fussent munies. La vaporisation, le fonctionnement des mécanismes, les garnitures, les tiroirs et pistons, enfin tous les organes qui concourent au développement d'une puissance portée à son maximum, ont donné toute satisfaction.

Malgré la grande longueur, 6 405 m, des tubes de 57 mm de la chaudière, on n'a pas remarqué d'obstruction et il n'y a eu de fuites ni aux tubes, ni aux entretoises de foyer. On n'a pas éprouvé d'entrainements d'eau, ni de difficultés pour le graissage. Si on peut admettre qu'on pourra modifier certains détails d'importance secondaire, dans la construction de nouvelles machines de ce type, on doit dire que, d'une manière générale, l'étude, la construction et le service de cette machine donnent toute satisfaction.

On ne peut encore se prononcer définitivement sur la question de l'entretien, mais les observations faites jusqu'ici semblent indiquer que les dépenses de ce chef par tonne-kilomètre ne seront pas plus élevées que celles des locomotives *Consolidation* qu'on emploie comme machines de renfort sur cette ligne.

Prenant le service général de la machine 2 400 sur les sections de plaine et les sections de montagnes réunies, elle dépense moins de combustible par tonne-kilomètre que les machines *Consolidation* à simple expansion actuellement en service, et si on prend le service de plaine

on trouve une bien moindre consommation que pour les autres ; sur la section de montagne, il y a encore économie par rapport aux machines *Consolidation*, mais la différence est moins grande que sur les parties moins accidentées.

Si on prend la moyenne des divers parcours effectués pendant le mois de janvier 1905, sur les sections de Connellsville à Rockwood et de Connellsville à Sand Patch, parcours variant de 71 à 97 km, on trouve les résultats suivants :

Sur la rampe de 10 0/00, qui a 10 765 m de longueur, la machine 2 400 était assistée par une machine *Consolidation*. Sur toutes les autres parties de la ligne où les rampes ont 10 0/00 sur 1 600 m, 7,5 sur 8 000 m; 6,8 sur 3 200 m et des déclivités inférieures allant de 3 à 5 0/00, la machine 2 400 a remorqué le train seule.

Voici, d'autre part, les résultats obtenus dans 24 parcours consécutifs sur une distance de 23 800 m en montagne, dont les 13 360 premiers en rampes de 2 à 5 0/00 et le reste en rampe de 10 0/00.

Temps employé à la marche	5 h. 29 m.
Temps employé dans les arrêts	3 38
Durée totale du parcours	9 7
Vitesse effective en marche	15 600 m
Température de l'atmosphère	0,5°C
Température de l'eau d'alimentation	0,5

Nature du combustible : Charbon gras tout-venant 40 0/0 de matières volatiles.

Combustible dépensé pendant le parcours	11 280 kg
— par mètre carré de grille et par heure	305
— par kilomètre de parcours	130
— par 1 000 tonnes-kilomètres	65
Nombre de wagons pleins remorqués	34
— — vides —	0
Tonnage brut du train en tonnes métriques	1 987
Pression maxima à la chaudière	16,3 kg
— minima —	14,3
— moyenne —	15,6
Vaporisation par kilogramme de combustible	6,4
— — — de et à 100°C	7,9

Déclivité minima de la ligne	0
— maxima —	1 0/0
— moyenne —	0,5 0/0
Temps employé à la marche	1 h. 45 m.
— — dans les arrêts	2 16
Durée totale du parcours	4 1
Vitesse effective en marche	14 650 m
Température de l'atmosphère	— 8,5°C
— de l'eau d'alimentation	0,5

Nature du combustible : Charbon gras tout-venant 20 0/0 de matières volatiles.

Combustible dépensé pendant le parcours.	3 726 kg
— par mètre carré de grille et par heure. . .	317
— par 1 000 tonnes-kilomètres.	79
Nombre de wagons pleins remorqués.	39
— — vides —	0
Tonnage brut du train en tonnes métriques.	1 856
Pression maxima à la chaudière.	16,3 kg
— minima —	13,3
— moyenne —	15,4
Vaporisation par kilogramme de combustible	5,4
— — — de et à 100° C.	6,7
Quantité d'eau dépensée pendant la marche.	17 730 kg
— — pendant les arrêts	3 010
— — totale pour le parcours	20 740
Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure.	22,8

Dans tous ces parcours la machine a été conduite par un mécanicien et un chauffeur.

Le service des machines de renfort sur les rampes donne lieu à des difficultés spéciales ; les locomotives ont des arrêts très longs, un fonctionnement de courte durée, avec le feu poussé vivement, conditions qui amènent des variations considérables de température dans les foyers et les tubes et causent souvent des fuites et des avaries plus ou moins graves. La machine 2 400 a répondu à toutes les nécessités du service et a toujours employé un combustible tout-venant de qualité très ordinaire, sans qu'on ait jamais manqué de pression suivant les besoins.

Le plus faible rayon des courbes sur la section où a travaillé la machine est de 195 m et sur les fortes rampes il y a des courbes de 250 m ».

On nous permettra de terminer par une observation intéressante qui répond à une critique quelquefois formulée bien à tort contre ce genre de machine. Le journal américain, auquel nous avons emprunté ce qui précède, parle dans son numéro de mai dernier des machines du même système, construites par les ateliers Baldwin, pour les chemins de fer à voie de 1 m de Porto-Rico et termine par ces mots : « Ces petites machines donnent d'excellents résultats, elles dépensent moins et traînent plus qu'aucun des autres types de locomotives employées jusqu'ici dans l'île. Si ces locomotives fonctionnent bien, conduites par des nègres, pourquoi, avec un personnel et des moyens bien supérieurs, n'en obtiendrions-nous pas d'aussi bons résultats ? »

Un ancien moteur à gaz. — Nous n'avons pas trouvé dans les traités concernant les moteurs à gaz, dus à la plume des auteurs qui font autorité, tels que G. Richard, A. Witz, etc., mention d'un moteur proposé par un docteur Alfred Drake, de Philadelphie, quelques années avant le moteur Lenoir. Le brevet français de M. Drake ne figure pas non plus dans la liste donnée par M. Tresca dans son remarquable article sur l'invention et l'avenir des moteurs à gaz, publié en 1862 dans

les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, liste qui est la plus complète que nous connaissions et qui va jusqu'en 1860.

Le moteur Drake est décrit dans le Journal de l'Institut de Franklin de juin 1856 et il y est dit qu'il a fonctionné l'automne précédent (soit de 1855) au Palais de Cristal de New-York. L'article de la revue américaine se trouve reproduit dans le *Civil Engineer and Architect's Journal* d'octobre 1856, p. 340. Ce qui est peut-être plus intéressant encore que le moteur, ce sont les appréciations émises sur la question par l'auteur de l'article, T. D. Statson.

La machine se compose d'un cylindre horizontal avec son mécanisme, dont le piston aspire par une soupape convenablement disposée un mélange d'air et de gaz : au tiers environ de la course, la soupape d'introduction se ferme, le piston en allant un peu plus loin démasque une cavité pratiquée dans la paroi du cylindre et contenant une pièce de métal incandescente. Une explosion se produit et chasse le piston en avant.

Le résidu consiste en acide carbonique, azote et vapeur d'eau. Le cylindre avait 0,406 m de diamètre et 0,456 m de course.

L'auteur de l'article, en qualité de reporter technique du journal la *Tribune*, a été admis à suivre le fonctionnement du moteur, fonctionnement qui a duré plusieurs fois deux heures, mais avec des arrêts plus ou moins fréquents. Il n'a été appliqué ni frein ni autre moyen de mesurer le travail produit ; le moteur, bien que construit pour fonctionner à double effet, ne marchait qu'à simple effet, les distributeurs du côté du piston étaient maintenus ouverts pour laisser ce côté en communication constante avec l'atmosphère.

T. D. Statson fait observer qu'en l'absence de l'application d'un indicateur sur le cylindre, on ne peut faire que des hypothèses très vagues sur la pression développée par l'explosion ; cette pression dépend en grande partie de la température atteinte qui peut varier entre 500 et 2500° C. ; la pression pourrait elle-même varier entre 1,5 kg et 7 kg par centimètre carré.

La partie la plus intéressante et la plus nouvelle de la machine est probablement le mode d'inflammation du mélange. Dans les tentatives précédentes faites pour utiliser comme force motrice l'explosion d'un mélange détonnant, la plus grande difficulté a toujours été l'allumage. On n'a pas réussi pratiquement avec l'étincelle électrique ; la flamme d'un bec de gaz s'éteindrait à chaque explosion ; la meilleure solution paraît devoir être le contact d'un corps incandescent.

Le docteur Drake, dans la machine en question, insérait, dans la cavité formée dans la paroi du cylindre, une capsule en fer très mince chauffée à l'extérieur par la flamme d'un chalumeau. Il avait constaté que le fer (de la fonte dans l'espèce) avait une durée beaucoup plus grande que le platine qui ne résistait pas à la flamme du gaz, fait d'ailleurs déjà connu, dit-il ; comme la haute température atteinte dans l'intérieur du cylindre amènerait un échauffement préjudiciable de celui-ci, il y a autour une enveloppe avec circulation d'eau. On a aussi prévu une pareille circulation dans le piston au moyen d'une tige creuse reliée à un tube flexible, mais cette disposition n'a pas été

appliquée sur la machine qui fonctionnait d'une manière trop peu prolongée, 10 à 15 minutes seulement, pour que cette précaution parût nécessaire.

L'inventeur avait prévu l'emploi dans sa machine, au lieu du gaz de ville dont il se servait, d'hydro-carbure liquide, dont la vapeur se mélangeait à l'air atmosphérique pour former le mélange détonant et, dit l'article, il voyait déjà des locomotives mues par les vapeurs de pétrole franchir les plaines sans eau et gravir les pentes dénudées des Montagnes-Rocheuses. T. D. Statson ne partage pas cet enthousiasme et ne considère pas les essais comme susceptibles de faire naître des espérances sérieuses. A son avis, la machine ne paraît pas très recommandable ; l'impulsion est brutale, inconstante et bruyante ; le système d'allumage ne peut pas donner de résultats durables parce que la capsule métallique s'altère trop vite. On pourrait remédier à l'irrégularité du mouvement par l'attelage de deux, trois ou quatre cylindres sur le même arbre, mais il faudrait être sûr que la machine est capable de produire un effet utile, c'est-à-dire de faire plus que de tourner à vide : or, rien n'a été encore fait pour élucider ce point. Somme toute, l'opinion de l'auteur de l'article paraît peu favorable au moteur à gaz. Signalons toutefois une indication assez curieuse. Sur un point très important, la machine de Drake diffère de la machine à vapeur, ce point c'est la température intérieure des cylindres. Elle produit de la chaleur alors que les autres en consomment, on doit en refroidir le cylindre alors qu'on chauffe ceux des machines à vapeur. On réaliserait donc un progrès sérieux en associant les deux moteurs dont le calorique en excès de l'un serait utilisé dans le second.

Il semble que si le docteur Drake avait eu un peu plus de persévérance et avait reçu quelques encouragements, il aurait pu arriver à des résultats satisfaisants ; quelques installations simples auraient suffi pour montrer que sa machine pouvait faire un travail utile et lui ramener la faveur du public.

Il est intéressant de rappeler que le brevet du moteur Lenoir est du 24 janvier 1860. que le titre est : « Moteur à air dilaté par la combustion du gaz d'éclairage enflammé par l'électricité. » L'inventeur ne revendiquait du reste que le mode d'allumage.

Le brevet français d'importation de Drake est du 9 mai 1855, il est intitulé « Nouvelle disposition de machine mise en action par la force expansive de mélanges explosifs ». Il n'y est revendiqué que le mode d'allumage et le mode de refroidissement du cylindre et du piston.

Le trafic du canal du Sault. —Le canal du Sault-Sainte-Marie, dans l'Amérique du Nord, est probablement la voie de navigation intérieure la plus extraordinaire qui existe dans le monde, ainsi qu'on peut en juger par les détails suivants empruntés à l'*Iron Age*.

Le rapport annuel sur les canaux du Sault qui réunissent le Lac Supérieur aux lacs inférieurs de cette grande voie de communication vient d'être publié en ce qui concerne l'année 1904. Alors que 84 0/0 du trafic du lac s'effectuent par le canal américain, les chiffres donnés dans le rapport embrassent à la fois le produit du canal américain et

celui du canal canadien et donnent le trafic total du Lac Supérieur avec tous les ports américains et canadiens.

Les chiffres qui concernent cette voie navigable sont véritablement colossaux. Elle a transporté en huit mois presque deux fois et demie le tonnage du Canal de Suez pour toute l'année 1904, qui a été de 13 500 000 t, c'est-à-dire un chiffre de 31 546 105 t et le total des tonnes-milles des navires traversant le canal s'est élevé à 27 milliards. Ce chiffre indique que la distance moyenne de transport du tonnage total est de 843,5 milles ou 1 358 km. La valeur totale des marchandises transportées est estimée à 1 672 millions de francs ; il a été payé pour le transport de ces marchandises une somme totale de 107,5 millions de francs. Le fret par tonne-mille moyen pour l'ensemble des marchandises transitant, chères ou bon marché, ressort à 8 dix-millièmes de dollar, ce qui correspond en mesures métriques à 0,025 f à 0,03 f par tonne à 1 km. Pour certains transports à bas prix, le chiffre descend même à 4 dix-millièmes de dollar, ce qui correspond à moins de 0,0025 f par tonne à 1 km. Ce prix s'applique à la houille qui se transporte par quantités énormes d'un bout à l'autre de la ligne navigable.

Un matériel naval, dont la valeur est évaluée à 350 millions de francs, est affecté à la navigation du Lac Supérieur, ce à quoi il faut ajouter des bateaux qui font uniquement la navigation du canal ; on compte 886 navires dont la valeur moyenne est de 400 000 f pour chacun. Cette moyenne comprend aussi bien de très grands navires valant 2 millions que des remorqueurs ou bateaux de petit tonnage de valeur très faible.

Le canal américain a fonctionné, en 1904, pendant 224 jours et le canal canadien pendant 241. Le premier a donné passage à 89 0/0 du trafic total et les navires américains ont transporté 94 0/0 des marchandises et seulement 37 0/0 du nombre total de voyageurs qui s'est élevé à 56 000. Pendant quatre mois de l'année dernière, le trafic s'est élevé à plus de 5 millions de tonnes par mois et, en août, à 5 645 000 t, ce dernier chiffre correspond à 180 000 t par jour.

Le rapport dont nous nous occupons donne d'intéressants détails sur le développement de la navigation sur les lacs supérieurs. En 1894, il y avait sur ces lacs 15 navires portant entre 3 000 et 4 000 t ; en 1898, il y avait 5 navires portant 8 000 t ; en 1899, il y avait 5 navires de 9 000 t ; ce chiffre n'a pas été dépassé jusqu'en 1904 où on compte 3 navires de 9 000 t et en pouvant porter jusqu'à 11 536 t ; on peut ajouter que l'année actuelle verra s'ajouter à la flotte six autres navires de cette dernière capacité.

Le fret par tonne-mille a été, en 1904, plus bas que pour toute année précédente, à l'exception de 1898, bien que pendant onze années il n'ait dépassé que deux fois un millième de dollar.

Avant l'achèvement du premier canal en 1855, canal construit en vertu d'une concession de l'Etat de Michigan, le trafic vers le Lac Supérieur se faisait jusqu'au Sault-Sainte-Marie par des bateaux qu'on déchargeait là pour transporter les marchandises par terre jusqu'au delà des rapides, soit sur 1 600 m de distance, pour les recharger dans d'autres bateaux pour continuer le trajet jusqu'à destination. Il faut

dire qu'à cette époque, l'importance du trafic était faible, car, en 1851, on transportait 12 500 t dans des conditions assez primitives. L'année de l'ouverture du canal, le trafic monta à 14 503 t, quantité bien insignifiante si on la compare au chiffre de 1902 qui est de 35 961 196 t, ou 2 500 fois plus grand.

L'augmentation du tonnage par année pour les 50 années depuis l'ouverture du canal a été d'environ 20 0/0.

Les chutes de Sainte-Marie, que les canaux ont pour but de franchir, ont environ 800 m de largeur et 1 200 m de longueur, la différence de niveau est de 5,50 m. En 1797, une Compagnie pour le commerce des fourrures y avait établi un petit canal de navigation, mais il fut détruit par les Américains pendant la guerre de 1812 avec l'Angleterre. Les dépenses faites pour les différentes améliorations effectuées depuis 1855 se sont élevées au chiffre de 80 millions de francs, et, de plus, le gouvernement américain depense actuellement plusieurs millions pour améliorer les abords au-dessous des écluses et va bientôt construire une nouvelle écluse de plus grandes dimensions qui coûtera aussi plusieurs millions.

La température de la flamme. — Le professeur Arthur Smithells dans une communication à l'*Institution of Gas Engineers*, a traité la question de la température de la flamme ; voici le résumé de ce travail que nous trouvons dans le *Iron and Coal Trades Review*.

Lorsqu'une flamme contient une substance solide de pouvoir rayonnant connu, on peut déterminer sa température sans y introduire d'instrument. Ainsi une flamme lumineuse contient du carbone solide en suspension et il est possible de mesurer la température d'une partie au moins de la flamme par des instruments placés à distance, tandis que pour les flammes non lumineuses, telle que celle d'un bec Bunsen, qui ne contient aucune parcelle solide, il est nécessaire d'introduire dans la flamme un instrument pour mesurer la température.

Il faut d'abord s'entendre sur ce qu'on veut dire lorsqu'on parle de la température d'une flamme et, pour cela il est nécessaire d'entrer dans quelques considérations sur la forme et la structure des flammes.

Si on mélange un gaz avec la quantité d'air nécessaire pour en opérer la combustion complète avant la sortie du bec, on obtient une flamme du genre dans lequel la combustion se propage progressivement à l'intérieur d'un cône de gaz non brûlé. Si l'on brûle le gaz de la manière ordinaire, c'est-à-dire en le faisant sortir d'un bec sans mélange préalable avec l'air, ou mélangé avec une partie seulement de l'air nécessaire à sa combustion, on obtiendra des flammes d'apparence très différente. Dans le premier cas, c'est-à-dire sans aucune admission d'air, la flamme a la forme d'un noyau de combustion d'épaisseur modérée, tandis que, dans le second cas, avec une admission partielle d'air, la flamme présente deux noyaux, dont l'un forme un cône intérieur dans lequel la combustion s'opère tant que le permet la quantité d'air admis et dont l'autre forme un cône extérieur dans lequel le gaz achève de se brûler sous l'action de l'air ambiant.

Une expérience faite avec la flamme de la vapeur de benzine perme

d'observer les variations d'apparence de la flamme avec la quantité d'air mélangée à la vapeur avant sa sortie du bec.

On va maintenant expliquer ce qu'on entend par les températures de ces diverses flammes. On comprend facilement ce que l'on veut dire par la température d'un courant d'air chaud ou d'eau chaude, mais, comme une flamme comporte généralement un noyau de combustion assez faible, il est évident que la distribution de la température dans le volume entier de la flamme est très différente de ce qui se passe dans un courant d'air chaud. Il peut y avoir, au centre de la flamme, une température peut-être pas très supérieure à celle de l'air ambiant, et à peu de distance, une température plus élevée que celle de la fusion du platine. De même, si l'on observe la flamme du bas à la partie supérieure, on ne voit aucune raison pour que la température y soit uniforme. On ne peut évidemment penser à se servir d'un thermomètre, car il y aurait seulement une faible partie de la boule en contact avec la portion la plus chaude de la flamme, et on n'aurait aucune indication sérieuse sur la température réelle. Celle-ci doit être soit la température de la combustion, soit, si l'on ne spécifie rien de particulier, la température maxima obtenue dans la flamme; en tout cas, il est très important, lorsqu'on parle de la température d'une flamme, de bien spécifier ce qu'on entend par là, et d'indiquer la méthode par laquelle cette température a été mesurée.

Si l'on tient compte de la structure des flammes et des énormes variations de température qui existent entre des points extrêmement rapprochés, on comprend combien il est désirable d'avoir un instrument de mesure de dimensions très faibles, Le plus petit que nous puissions concevoir sera encore énorme relativement aux dimensions des molécules. Quand on pense qu'il faut des millions de molécules d'hydrogène pour former un point à peine appréciable avec les plus puissants microscopes, on comprend que les plus petits instruments de mesure ne nous donneront qu'une indication assez vague sur la condition moyenne d'une vaste agglomération de molécules.

Quelle peut être la relation entre la valeur calorifique d'un gaz et la température de la flamme qu'il est susceptible de produire? Si, d'une manière générale, plus le pouvoir calorifique est élevé, plus le sera la température de la flamme, ce n'est pas toujours et nécessairement le cas. Ainsi, deux gaz de même pouvoir calorifique, mais de composition chimique différente, pourront nécessiter, pour leur combustion complète, des quantités d'air très différentes, et, dès lors, la présence dans la flamme de quantités différentes d'azote atmosphérique amènera des différences de volume et des différences correspondantes dans les températures des surfaces extérieures de la flamme.

L'auteur a formé un tableau avec les différentes valeurs attribuées à la température maxima d'un bec à flamme Bunsen alimentée par du gaz de houille. Il est probable que la composition du gaz n'était pas identique dans les différents cas, mais les différences doivent être trop faibles pour qu'il y ait à en tenir compte, surtout en présence des nombreuses autres causes d'erreur inhérentes au sujet même. On donne aussi, ci-après, un tableau des températures maxima, qui a été dressé par le pro-

fesseur Fery, au moyen d'une méthode très ingénieuse de mesure, basée sur le renversement de la raie D du sodium en vapeur dans une flamme lorsqu'on la regarde contre un filament électrique dont la température est connue. Les chiffres contenus dans ce tableau peuvent donner une idée des températures qu'on peut obtenir avec un combustible gazeux.

Températures maxima dans la flamme d'un bec Bunsen brûlant du gaz de houille.

1860	Bunsen et Kirchhoff	2 350° C.
1877	Rosetti	1 360
1892	Rogers	1 230
—	Lewes	1 630
1895	Me Crae	1 725
1896	Waggener	1 770
1799	Borkenbusch	1 830
1902	White et Traver	1 780
1905	Féry	1 871

Températures maxima de diverses flammes (Féry 1904).

Bec Bunsen, quantité d'air suffisante	1 871° C.
— — — — insuffisante	1 112
Flamme d'acétylène	2 548
— d'alcool	1 705
Bec Denayrouze, alcool et air	1 862
— alcool et benzine	2 053
Hydrogène brûlant librement dans l'air	1 900
Chalumeau à oxygéne et gaz de houille	2 200
— — et hydrogène	2 420

Il est intéressant d'indiquer que M. Fery estime la température de l'arc électrique à 3 760° C., et celle du soleil à 7 800.

Les applications du tétrachlorure de carbone. — Le tétrachlorure de carbone, qui, il y a peu d'années, ne se trouvait que dans les collections des écoles de chimie, a attiré l'attention des industriels depuis que l'introduction des procédés électrolytiques dans la fabrication des chlorures a fait rechercher de nouveaux emplois du chlore, et a permis de fabriquer ce produit dans des conditions de pureté qui le rendent propre à remplacer comme dissolvant la benzine et le sulfure de carbone. Nous trouvons, dans l'*Industria* une note sur les applications du tétrachlorure de carbone, contenant des détails qu'il nous paraît intéressant de reproduire.

Le tétrachlorure de carbone s'obtient par la réaction du chlore sur le sulfure de carbone à la chaleur rouge. Convenablement épuré, il se présente sous la forme d'un liquide incolore, d'une odeur éthérée rappelant celle de la benzine, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther; il dissout facilement les matières grasses et, au contraire des dissolvants

éthérés ordinairement employés, il n'est pas combustible, et ne présente par conséquent, aucun des dangers d'incendie qui obligent à tenir les établissements où en emploie le sulfure de carbone et la benzine à distance des habitations, et qui entraînent des primes d'assurance élevées.

Le tétrachlorure de carbone se conserve sans altération à froid, même dans des récipients en fer, ne se solidifie qu'à — 30° C., et entre en ébullition entre 76 et 77° C., en formant des vapeurs d'une densité assez élevée, qui ne se mêlent pas à l'air, ce qui atténue les pertes par évaporation.

Le tableau ci-dessous permet de juger de la différence que présente ce corps par rapport à la benzine et au sulfure de carbone.

	DENSITÉ à 15° C.	DENSITÉ de la vapeur	TENSION de la vapeur à 15°	CHALEUR spécifique	CHALEUR latente	CHALEUR totale de condensation	TEMPÉRATURE d'ébullition
Tétrachlorure de carbone.	1,600	5,34	7,00	0,131	46,6	54,2	76,5
Sulfure de carbone . . .	1,244	2,64	25,00	0,137	79,9	84,9	46,5
Benzol.	0,899	2,70	6,60	0,201	92,3	117,5	80,4

L'avantage principal que présente le tétrachlorure de carbone sur tous les autres dissolvants réside en ce qu'il n'est pas inflammable, et ôte leur inflammabilité aux liquides combustibles. D'après Clifford Richardson et Cie, on arrive à ce résultat en ajoutant à 6 volumes de benzol, 4 volumes de tétrachlorure de carbone, ou à l'essence de térébenthine, volume égal de ce corps. Les hydrocarbures volatils de pétrole exigent 6 parties contre 4 et, comme cette adjonction n'enlève à ces corps rien de leurs propriétés dissolvantes, on comprend qu'il en résulte un avantage très sérieux pour toutes les applications de la benzine à l'économie domestique, par exemple, le nettoyage des vêtements et autres objets, et à l'industrie, tels que l'extraction des matières grasses des os, des fibres textiles, l'épuration de la paraffine et de l'ozochérite, la préparation des vernis, etc.

En ce qui concerne plus particulièrement le sulfure de carbone, dont les vapeurs se mêlent à l'air à 149 degrés, et forment des mélanges détonants, le nouveau dissolvant présente des avantages incontestables, surtout en ce qu'il n'agit pas sur l'ammoniaque, qui se développe en quantités plus ou moins grandes lorsqu'on expulse le dissolvant des matières azotées au moyen de la vapeur d'eau. C'est le cas quand on extrait l'huile des noyaux d'olives et la graisse des os, opérations dans lesquelles on a des pertes très sensibles de sulfure de carbone sans raison apparente.

Ici se place la question de prix, car on peut supposer que la plus grande densité du dissolvant exigera l'emploi d'un poids relativement

considérable de tétrachlorure de carbone. 1 kg des divers corps suivants représente les divers volumes indiqués ci-dessous :

0,623 pour le tétrachlorure de carbone;
0,788 pour le sulfure de carbone;
1,131 pour le benzol;
1,366 pour le naphte (à 62 degrés).

Il faut dire que les vapeurs de tétrachlorure de carbone, à cause de leur densité considérable, se mélangent difficilement à l'air, et que les fuites dues à l'imperfection des appareils sont moins graves, il en résulte que les dépenses annuelles, avec l'emploi du nouveau dissolvant, sont moins importantes, et constituent un nouvel avantage en sa faveur.

Supposons, par exemple, qu'on traite des matières qui donnent 3 000 kg d'huile en 24 heures, et qu'il faille pour cela avoir en circulation 300 m³ de dissolvant, on obtient les chiffres comparatifs suivants :

Tétrachlorure de carbone.	80 000 kg,	valant	72 000 f
Sulfure de carbone. . . .	72 000	—	18 600
Benzol	44 950	—	38 207

Si l'on prend les pertes qui ont lieu dans la récupération des dissolvants, lesquels, pour 100 kg d'huile extraite, peuvent s'évaluer comme suit :

Avec le tétrachlorure de carbone	0,30 kg
— le sulfure de carbone	5,00
— le benzol.	0,85

on trouve que l'augmentation des dépenses primitives due à la densité considérable du tétrachlorure de carbone, est largement compensée par la réduction des pertes subies par les divers dissolvants dans leur récupération. Ainsi, les dépenses, pour une production annuelle de 900 000 kg d'huile, seront les suivantes :

Tétrachlorure.	900 000 kg	× 0,003	= 2 700 kg,	soit	2 430 f
Sulfure. . . .	—	× 0,050	= 45 000	—	13 500
Benzol	—	× 0,0085	= 7 650	—	12 775

On voit, par ce tableau, que l'augmentation initiale de dépenses de 72 000 — 18 600 = 53 400 f a amené une réduction annuelle de 11 070 f pour les frais de remplacement du dissolvant perdu, ce qui correspond à un bénéfice de 20,73 0/0. Si l'on fait le même calcul pour le benzol, on trouve un bénéfice annuel sur le capital employé à l'acquisition du liquide dissolvant de 36,61 0/0.

Le tétrachlorure de carbone présente, en outre, l'avantage d'exiger moins de combustible pour sa vaporisation et, par conséquent, moins d'eau pour sa condensation. Si l'on prend des volumes égaux des liquides dissolvants le nombre de calories employées ressort comme suit :

Tétrachlorure de carbone.	1 600 ×	54,19 =	24 704 calories
Sulfure de carbone. . . .	1 244 ×	84,26 =	105 365
Benzol	899 ×	117,50 =	105 532

Ces chiffres comparés font voir en faveur du tétrachlorure de carbone une économie de 18 0/0 du combustible nécessaire à la vaporisation et de l'eau employée pour la condensation, par rapport aux deux autres dissolvants.

Les boissons alcooliques. — Un document très intéressant a été récemment présenté au Parlement anglais au sujet de la production et de la consommation des boissons alcooliques dans les différents pays d'Europe, aux États-Unis et dans les principales colonies britanniques. On trouve, dans ce rapport, des tableaux indiquant la part contributive des impôts sur ces boissons dans les revenus généraux du pays. On peut constater que nulle part cette proportion n'est aussi élevée que dans le Royaume-Uni, où elle atteint 32 0/0. Les États-Unis viennent après avec 29; on trouve ensuite le Dominion du Canada et la Hollande avec 19, la France et la Belgique avec 18. On ne peut pas donner de chiffre pour l'Allemagne, parce que l'impôt sur la bière est perçu par les États confédérés dans diverses parties de l'Empire.

Si on prend les choses en détail, en commençant par la bière, on trouve que le Royaume-Uni est, après l'Allemagne toutefois, le plus grand producteur. En 1903, l'Allemagne a produit 68 265 000 hl contre 5 860 000 pour le Royaume-Uni. Dans les 14 années écoulées entre 1890 et 1903, la consommation de la bière par tête d'habitant dans le Royaume-Uni a été minima en 1894, soit 133 l, elle s'est relevée ensuite pour atteindre 150 l en 1899. Il y a eu décroissance depuis, le chiffre étant tombé à 134,5 l en 1903. Ces variations sont en concordance avec les changements de la prospérité industrielle.

Ces chiffres sont plus élevés que dans tout autre pays, sauf la Belgique, où la consommation de bière par tête s'est élevée de 173,3 l en 1889 à 218,3 en 1900. En Allemagne, ce chiffre a varié de 105 l en 1891 à 124,6 en 1899 et 1900; mais il s'applique à l'ensemble de l'Allemagne. En 1899, année de la consommation maxima, celle-ci s'est élevée à 171 l dans le Grand-Duché de Bade, 191 dans le Wurtemberg, 247,4 en Bavière. Parmi les principales colonies britanniques, l'Australie occidentale vient en tête avec une consommation par tête peu inférieure à celle du Royaume-Uni. Au Canada, la consommation est de seulement 22,6 l par tête et, à Terre-Neuve, elle est insignifiante.

L'Allemagne tient la tête pour la production des spiritueux, mais la Russie la suit de très près. Les matières employées pour la fabrication de l'alcool varient beaucoup suivant les pays; en Russie on se sert surtout de pommes de terre, et de riz, en Allemagne de pommes de terre, en France de betteraves et de mélasses, dans le Royaume-Uni de malt, en Belgique de maïs. La plus grande consommation par tête se rencontre en Danemark où elle est trois fois plus grande que dans le Royaume-Uni et la plus faible en Portugal.

Si on prend l'année 1903, les tableaux montrent que la consommation de spiritueux par tête d'habitant a été en Danemark de 13,9 l d'alcool pur, en Australie de 13,6, en Allemagne et en Hongrie de 7,97, en Hollande de 7,8, en Suède de 7,5 et en France de 7 l. Le chiffre n'a été, pour le Royaume-Uni, que de 4,5 en 1903. Aux États-Unis, la consom-

mation par tête a dépassé celle du Royaume-Uni de 1889 à 1893, mais elle est tombée au-dessous de 1894 à 1899. De 1900 à 1902 elle est devenue plus grande, s'accroissant pendant que l'autre diminuait. La consommation d'alcool, comme celle de la bière, est liée à la propriété industrielle.

Si la Bavière tient la tête pour la consommation de la bière et le Danemark pour celle de l'alcool, c'est en France qu'on boit le plus de vin. La Grande-Bretagne ne produit pas de vin et l'Empire britannique en produit peu, la production totale du Cap de Bonne Espérance et de l'Australie n'ayant pas donné ensemble plus de 528 000 hl en 1903 et celle du reste de l'Empire un chiffre insignifiant. Pendant la période où les vignobles français étaient ravagés par le phylloxéra, l'Italie avait, dans certaines années, dépassé la production de la France, mais depuis 1899, le phylloxéra a, pour ainsi dire, disparu des vignobles français et, dans beaucoup d'endroits, on les a replantés en ceps américains sur lesquels on a greffé les plants indigènes. En 1898 et aussi en 1902, la production de l'Italie a dépassé celle de la France, mais en 1903 la production de la première n'a atteint que 34,9 millions d'hectolitres contre 35,4 pour la seconde.

La consommation du vin est assez faible dans l'Empire britannique. Le chiffre le plus élevé se rencontre dans la colonie du Cap où il est de 9 à 10 l par tête d'habitant et par an. Dans le Royaume-Uni, la moyenne des cinq dernières années donne seulement 1,6 l et la tendance est plutôt dans le sens de la décroissance. La consommation moyenne par tête en France est, pour les cinq années de 1899-1901, de 104 l, en Italie de 88,4, en Espagne de 87,8, en Portugal de 77, en Suisse de 68,8, en Bulgarie de 67,9. Après, on tombe à 32 l en Roumanie, à 13,6 en Autriche-Hongrie et à 5,3 en Allemagne. La consommation par tête du Royaume-Uni est presque la même que celle de la Hollande et des États-Unis, mais comme en Hollande, les produits viennent exclusivement de l'étranger, tandis qu'aux États-Unis la plus grande partie vient de l'intérieur. Plus d'un tiers des vins consommés dans le Royaume-Uni vient de France, un quart d'Espagne et un autre quart du Portugal.

Ce qui précède est extrait du *Journal of the Society of Arts* et nous trouvons dans un numéro subséquent de la même publication quelques détails qui forment un complément utile à l'article que nous venons de donner.

Le Chancelier de l'Échiquier se plaint dans son exposé du budget que les taxes sur les vins fournissent un produit qui va d'années en années en diminuant. Mais un rapport du *Board of Trade* publié il y a quelques jours (Boissons alcooliques 1903), montre que les droits de douane sur les vins, et il n'y a pas d'autres droits, ont au contraire augmenté. Ainsi les produits ont été pour les années ci-dessous :

1892	1897	1902
31 700 000 f	33 125 000 f	38 100 000 f

Si le Chancelier s'est appuyé sur la consommation moyenne par tête, il est exact qu'elle a un peu diminué, mais dans de très faibles propor-

tions. Ainsi elle était, en 1889, de 1,72 l, et de 1,68 pour la moyenne des cinq dernières années. On peut dire qu'il n'y a pas de changement sensible. L'importation dans le Royaume-Uni des vins des colonies britanniques peut avoir un peu baissé, mais la production n'a pas diminué, au contraire; elle a presque doublé en Australie depuis dix ans. En 1893, la production totale y était de 161 600 hl et, en 1903, de 279 000. Le Cap de Bonne-Espérance a produit, en 1893, une récolte de 278 000 hl de vins, mais c'était une année exceptionnelle; en 1903, on a produit 250 000 hl. Les autres colonies produisent peu de vin ; toutefois, l'Ontario a donné 226 500 hl en 1903, les rapports manquent pour Chypre et la Nouvelle-Zélande où la vigne est cultivée.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1905.

District de Paris.

Réunion du 19 janvier 1905.

Communication de M. Cavelette, sur les recherches exécutées depuis 1896 pour reconnaitre **l'extension méridionale du bassin houiller du Pas-de-Calais.**

L'auteur indique les travaux récents faits par puits dans la concession de Liévin et par sondages ailleurs et les résultats obtenus. Il a été fait vingt sondages, dont dix ont atteint le terrain houiller et certains ont été continués jusqu'à une très grande profondeur. On peut estimer, d'après les résultats de ces sondages, approximativement à 3000 ha l'étendue du terrain houiller existant en dehors des périmètres concédés, à une profondeur inférieure à 1 000 m.

Communication supplémentaire de M. Lodin, sur **la dessiccation du vent dans les hauts fourneaux.**

L'auteur ne croit pas que pour les cubilots et les convertisseurs, comme l'a indiqué récemment M. Gayley, la dessiccation du vent ait plus d'intérêt que pour les hauts fourneaux et pense que les avantages pratiques de cette dessiccation sont d'un ordre secondaire.

M. H. Le Chatelier, discutant le procédé Gayley et constatant le désaccord existant entre les résultats annoncés par l'inventeur et les calculs faits sur le bilan thermique des hauts fourneaux, croit devoir rappeler qu'un écart au moins aussi grand existe entre les résultats que donne l'emploi de l'air chaud et les prévisions basées sur les mêmes calculs.

Il est certain que des changements en apparence très petits, dans certaines conditions de fonctionnement du four à cuve peuvent amener des changements très considérables dans les conditions économiques de ce fonctionnement. A ce point de vue, l'étude du haut fourneau est encore peu avancée. Il semble donc qu'il faut être prudent avant de condammer un procédé sur de simples considérations basées sur la théorie.

Réunion du 23 février 1905.

Communication de M. Guillet, sur **la classification des aciers spéciaux d'après leur constitution.**

Nous renverrons à ce sujet au mémoire de notre Collègue, inséré dans le Bulletin de juillet 1904, page 62, de notre Société.

Mai 1905.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 13 mai 1905.

Communication de M. Jouguet, sur **l'analyse d'un essai de chaudière.**

L'auteur expose d'abord des considérations intéressantes sur la manière dont doit être dressé le bilan thermique d'une chaudière. Il ne suffit pas, dit-il, de fixer son attention sur les quantités de chaleur échangées dans une machine thermique; il faut encore envisager les températures auxquelles ont lieu ces échanges. Autrement on arrive à des erreurs qui ne sont pas négligeables.

M. Jouguet étudie une expérience faite sur une chaudière de locomotive du P.-L.-M., expérience qui fait partie de la série exécutée en 1889 et relatée dans les *Annales des Mines* de 1894, et examine successivement chaque cause de perte. Nous croyons utile de reproduire les conclusions. Si on compare les résultats de l'analyse tel que le fait M. Jouguet avec le bilan thermique de l'essai, on constate que celui-ci donne une idée fausse de certaines pertes : il évalue trop haut la perte par les fumées et le produit donné par la chaudière, mais il ne donne pas les pertes qui ne correspondent pas à une perte de quantité de chaleur, notamment la plus importante de toutes, la perte au chauffage; cette perte est très forte et ne correspond à la dissipation d'aucune quantité de chaleur; elle est due uniquement à une dégradation de température, à une diminution de qualité. Cette perte en chauffage est caractéristique des chaudières. Le véritable défaut des chaudières, lequel est essentiel et incorrigible, consiste dans la différence de température qui existe toujours entre les gaz brûlés et l'eau de la chaudière. Pour le diminuer, il y a avantage à augmenter la température de l'eau, c'est-à-dire la pression, mais on est limité de ce côté et, quoi qu'on fasse, la perte en chauffage reste toujours très forte. On remarquera que les moteurs à combustion intérieure sont exempts de ce défaut, mais, par contre, ils ont une perte considérable par les fumées, celles-ci quittent le moteur à une température élevée. On peut donc dire que la machine à vapeur (ensemble de la machine et de la chaudière) est mauvaise par en haut tandis que le moteur à gaz est mauvais par en bas.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *3 juin 1905.*

Ordre du jour et programme de fête de la 46e réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Magdebourg et Thale.

[illegible] à vapeur en Allemagne et son développement [illegible], par C. Matschoss.

[illegible] avec une extrémité encastrée [illegible].

[illegible] construite par C. Herm. [illegible].

[illegible] entre les moteurs à gaz de [illegible] à vapeur dans les usines métallurgiques, par [illegible].

[illegible], par P. Meyer.

[illegible] du béton armé, par C. Bach.

[illegible] pour la production et la surchauffe [illegible].

[illegible]. — Le niveau de l'eau dans les chaudières et le [illegible] de Hannemann.

[illegible]. — La lampe à vapeur de mercure de Hoppe.

[illegible]. — [illegible] pour locomotives. — Grue à commande [illegible]. — Roues élastiques pour automobiles. — Mur de [illegible] armé.

N° 23. — *10 juin 1905.*

Exposition de Saint-Louis en 1904. — Exposition de la Société anonyme des [illegible] Delaunay-Belleville, par Fr. Frölich.

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par Fr. [illegible] (*suite*).

Précautions contre le chômage, par P. Möller.

Exposition de Saint-Louis en 1904. — Le matériel de chemin de fer, par Fr. Gutbrod (*suite*).

Considérations sur la valeur de la formule de Saint-Venant, pour la détermination de l'angle de torsion, par C. Bach.

Machine-outil pour le tournage et le dressage des corps de chaudières, construit par la fabrique E. Beudel, à Magdebourg.

Groupe de Hanovre. — Les turbines Brown-Boveri-Parsons et leur application à terre et dans la marine.

Réunion générale de l'Association des maîtres de forges allemands, le 14 mai 1905, à Dusseldorf.

Bibliographie. — Vienne au début du XXe siècle, par P. [illegible].

Revue. — Exposition universelle de Liège. — Rails en acier [illegible]. — Construction en béton armé, à la fabrique de [illegible] Sulzer frères, à Winterthur.

N° 24. — *17 juin 1905.*

Nouvelles pompes duplex, pompes à volant et pompes à [illegible], par [illegible] H. Mueller.

[illegible] hydrauliques des Stillwerke, près Insbruck, par A. Stamm.

Moteur à gaz, système Mees, avec variation de l'admission, par Fr. Freytag.

L'introduction des machines à vapeur en Allemagne et son développement de 1780 à 1830, par C. Matschoss *(fin)*.

Groupe de Bavière. — Institutions pour l'amélioration du sort des classes ouvrières en Allemagne et en Angleterre.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — La lampe au tantale. — L'étincelle électrique dans la pratique.

Revue. — Progrès dans la construction des voitures automobiles. — Nouveau pont suspendu sur le Rhône. — Le Denver North Western and Pacific Railway.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

L'introduction des machines à vapeur en Allemagne et son développement, de 1780 à 1830, par C. Matschoss.

Expériences sur la résistance des colonnes avec une extrémité encastrée, par B. Kirsch.

Locomotive-grue à commande électrique construite par C. Herm. Findeisen, à Chemnitz.

Comparaison au point de vue économique entre les moteurs à gaz de hauts fourneaux et les machines à vapeur dans les usines métallurgiques, par L. Ehrhardt.

Le calorimètre de Junker, par P. Meyer.

Expériences sur la résistance du béton armé, par C. Bach.

La valeur de la surface de chauffe pour la production et la surchauffe de la vapeur, par Strahl.

Groupe de Hambourg. — Le niveau de l'eau dans les chaudières et le régulateur d'alimentation de Hannemann.

Groupe de Carlsruhe. — La lampe à vapeur de mercure de Hoppe.

Revue. — Foyers en acier pour locomotives. — Grue à commande électrique de Helling. — Roues élastiques pour automobiles. — Mur de soutènement en béton armé.

N° 23. — *10 juin 1905.*

Exposition de Saint-Louis en 1904. — Exposition de la Société anonyme des Établissements Delaunay-Belleville, par Fr. Frölich.

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par Fr. Rappert *(suite).*

Précautions contre le chômage, par P. Möller.

Exposition de Saint-Louis en 1904. — Le matériel de chemin de fer, par Fr. Gutbrod *(suite).*

Considérations sur la valeur de la formule de Saint-Venant, pour la détermination de l'angle de torsion, par C. Bach.

Machine-outil pour le tournage et le dressage des corps de chaudières, construit par la fabrique E. Beudel, à Magdebourg.

Groupe de Hanovre. — Les turbines Brown-Boveri-Parsons et leur application à terre et dans la marine.

Réunion générale de l'Association des maîtres de forges allemands, le 14 mai 1905, à Dusseldorf.

Bibliographie. — Vienne au début du xxe siècle, par P. Kortz.

Revue. — Exposition universelle de Liège. — Rails en acier au manganèse. — Construction en béton armé, à la fabrique de machines de Sulzer frères, à Winterthur.

N° 24. — *17 juin 1905.*

Nouvelles pompes duplex, pompes à volant et pompes à turbines, par Otto H. Mueller.

Moteurs hydrauliques des Stillwerke, près Insbruck, par A. Stamm.

Moteur à gaz, système Mees, avec variation de l'admission, par Fr. Freytag.

L'introduction des machines à vapeur en Allemagne et son développement de 1780 à 1830, par C. Matschoss *(fin)*.

Groupe de Bavière. — Institutions pour l'amélioration du sort des classes ouvrières en Allemagne et en Angleterre.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — La lampe au tantale. — L'étincelle électrique dans la pratique.

Revue. — Progrès dans la construction des voitures automobiles. — Nouveau pont suspendu sur le Rhône. — Le Denver North Western and Pacific Railway.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Le Bois (1), par J. Beauverie.

Le bois remplit un rôle de première importance dans l'industrie. Les Ingénieurs doivent donc féliciter l'auteur du soin et de la méthode avec lesquels il a traité ce sujet complexe, en déduisant les applications de la connaissance scientifique des faits et en coordonnant avec discernement de nombreuses données difficiles à rechercher dans des ouvrages que souvent ne peuvent pas se procurer ceux qui utilisent ou transforment le bois.

L'auteur étudie d'abord successivement la formation du bois et son développement, sa structure anatomique et sa composition chimique ; puis de ses propriétés chimiques et physiques il déduit les emplois qui conviennent le mieux aux différentes essences. Cet examen conduit naturellement au chapitre de la sylviculture dans lequel abondent des renseignements précieux sur le choix des essences et les meilleurs moyens de développer les qualités des produits. On voit ensuite, sortant de la forêt plus ou moins façonné, le bois entrer dans la circulation commerciale ; à ce moment, il convient d'étudier soigneusement ses altérations et ses défauts, ses qualités et les meilleurs moyens de conservation de la substance ligneuse. La revue des diverses essences de bois utiles indigènes et exotiques est très intéressante pour les praticiens. Enfin, on termine par l'étude de l'utilisation des bois.

Les documents et les statistiques que contient cet important ouvrage en font un monument réellement utile de l'Encyclopédie industrielle.

J. G.

IIe SECTION

Les litiges de l'automobile (2), par MM. J. Imbrecq et L. Périssé.

Ce livre, fait en collaboration par un avocat et un Ingénieur, montre bien l'intérêt qu'il y a souvent à associer, dans une œuvre commune, un jurisconsulte et un technicien.

Tous deux atténuent un peu la barbarie de leur parler spécial, et chacun peut les comprendre et les lire sans fatigue et avec grand profit. Leur livre sera utile à tous les chauffeurs, aussi bien aux débutants qu'aux vieux habitués de la route ou aux amateurs occasionnels.

Les premiers surtout, avant d'acheter l'auto de leurs rêves, devront méditer les chapitres relatifs à la vente et aux voitures d'occasion. Les articles : retards de livraison et vices de construction les mettront en

(1) Deux volumes in-8°, 255×165 de XI-1402 p. avec 485 fig. et 11 pl. Paris, Gauthier-Villars, 1905, prix broché : 20 francs.

(2) In-8° 230×145, de VI-264 pages. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Broché : 6 f.

garde contre de nombreux écueils; ils pourront ainsi peser tous les termes à employer dans leur correspondance relative à l'achat d'une voiture.

Les chauffeurs, toujours à la merci d'un accident, liront avec grand fruit les chapitres concernant les réparations, et les amateurs feront leur profit de ce qui est dit sur les voitures en location; enfin, l'annexe sur les applications à l'automobile de la loi sur les accidents du travail pourra rendre de grands services à tous les commerçants faisant de l'automobile.

On aurait tort de croire que seuls les automobilistes seront intéressés par ce livre; les cyclistes n'y sont pas oubliés non plus, et parmi les nombreux exemples de jugements qui commentent et expliquent les théories émises par les auteurs, les litiges relatifs aux simples vélos figurent en bonne place à côté de ceux relatifs à l'automobile.

En résumé, c'est un livre pouvant rendre de grands services à tous ceux qui roulent sur nos belles routes, tant pour leurs affaires que pour leur plaisir.

E. P.

IV° SECTION

Métallurgie générale. — Procédés de chauffage, par U. Le Verrier, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers (1).

Métallurgie générale. — Procédés métallurgiques et Étude des métaux, par le même auteur (2).

Ces deux ouvrages, qui font partie de l'Encyclopédie industrielle fondée par M. Lechalas, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, sont les deux premiers volumes d'une publication d'ensemble sur la métallurgie entreprise par M. U. Le Verrier.

Procédés de chauffage.

Le volume des *Procédés de chauffage* date déjà de 1902; il se compose d'une première partie, intitulée : « Étude technique de la chaleur » et de cinq chapitres.

L'étude technique de la chaleur fait connaître les appareils servant à la mesure des températures, à la détermination des chaleurs spécifiques, etc.

Le chapitre Ier expose les propriétés générales des combustibles, puis il les classe et les décrit en omettant toutefois les combustibles liquides ; il indique les procédés de fabrication du charbon de bois, du coke et des agglomérés, c'est-à-dire des combustibles dits « artificiels », à l'ex-

(1) In-8° 250×165 de 367 pages avec 171 figures. — 1902, Paris, Gauthier-Villars.

(2) In-8° 250×165 de 403 pages avec 130 figures et 10 planches. — 1905, Paris, Gauthier-Villars.

ception des combustibles liquides et gazeux, ces derniers faisant l'objet d'un paragraphe spécial du chapitre suivant.

Le chapitre II traite de l'emploi des combustibles; il comprend l'étude et la description des différents systèmes de fours et de gazogènes et se termine par l'étude du rendement calorifique d'un four.

Le chapitre III est consacré au chauffage par l'électricité auquel est rattachée l'aluminothermie.

Le chapitre IV étudie les matériaux réfractaires employés à la construction des fours et fait connaitre leur mode de fabrication.

Le chapitre V traite de l'organisation d'une usine métallurgique.

Enfin, après les renseignements tout à fait généraux contenus dans ces cinq chapitres, un appendice fournit des données numériques concernant quelques propriétés des combustibles et des métaux.

Procédés métallurgiques et Étude des métaux.

La première partie traite des procédés métallurgiques.

Le chapitre Ier (minerais) donne notamment des indications sur les procédés d'échantillonnage mécanique, sur la préparation mécanique et l'agglomération des minerais.

Le chapitre II traite du séchage, de la calcination et du grillage; il contient des détails sur les différents types si variés de fours de grillage automatiques.

Le chapitre III expose les opérations extractives: traitement des minerais par voie sèche et par voie humide. Après avoir étudié la scorification, il passe en revue successivement les fours de fusion, de réduction, le traitement des sulfures, la distillation et les procédés électriques.

Le chapitre IV traite de la fusion et de l'affinage; on y passe en revue les divers procédés de fusion au creuset, au réverbère, au cubilot et la fusion électrique, ainsi que les différents modes d'affinage (sur sole, affinage pneumatique, affinage par électrolyse).

Le chapitre V est consacré à la thermochimie et au rendement thermique des fours.

Le chapitre VI décrit les installations accessoires: souffleries et conduites, condensations des poussières, transporteurs et conveyeurs, appareils de chargement des fours, appareils de coulée, commande des moteurs.

La deuxième partie, concernant l'étude des métaux, comprend: les divers essais mécaniques et des indications sur l'action de la chaleur; un chapitre spécial est consacré à des notions de métallographie.

Enfin, le dernier chapitre est consacré aux alliages; il donne quelques indications générales sur leurs propriétés physiques et mécaniques.

Ce volume se termine par quelques planches de photogrammes d'alliages et par quelques données numériques sur les métaux et leurs alliages.

H. P.

Les mines et la métallurgie à l'Exposition du nord de la France (Arras 1904) (1), par M. Ed. Lozé.

Cet ouvrage comprend quatre parties et est précédé d'un avant-propos comportant quelques généralités sur l'Exposition d'Arras, avec indications des principales classifications qui y furent adaptées.

La première partie : Mines, comprend ce qui fut relatif :

a) A l'Exposition des houillères du Pas-de-Calais et de chacune des mines en particulier ;

b) A l'industrie minérale en Algérie et à quelques Expositions particulières.

La seconde partie : Métallurgie, comprend les descriptions relatives à l'Exposition particulière des divers établissements métallurgiques.

La troisième partie : Matériel de Mines, comprend ce qui se rapporte aux applications : 1° de la vapeur ; 2° des gaz, essences, pétroles ; 3° de l'électricité ; 4° de l'air comprimé ; 5° des compresseurs d'air, ventilateurs, pompes d'épuisement et alimentaires, treuils, perforatrices et haveuses ; 6° au roulage ; 7° à l'éclairage ; 8° aux câbles, cages et parachutes ; 9° aux explosifs ; 10° aux agglomérés ; 11° divers.

La quatrième partie : Transports, traction et manipulations économiques, emprunte les descriptions d'appareils et d'installations et quelques considérations particulières.

L'ouvrage se termine par un appendice sur l'Exposition de M. H. Parenty, directeur des Manufactures de l'État, du département du Nord, à Lille.

Cette intéressante Exposition comportait notamment des compteurs et des régulateurs piézométriques dont les dispositions sont des plus ingénieuses.

L'auteur de cet ouvrage a réuni avec beaucoup de méthode et de clarté par chapitre les divers sujets relatifs aux mines et à la métallurgie. Cet ouvrage permet de se rendre compte facilement et avec intérêt de tout ce qui constitua l'Exposition des mines et de la métallurgie du Nord de la France (Arras, 1904).

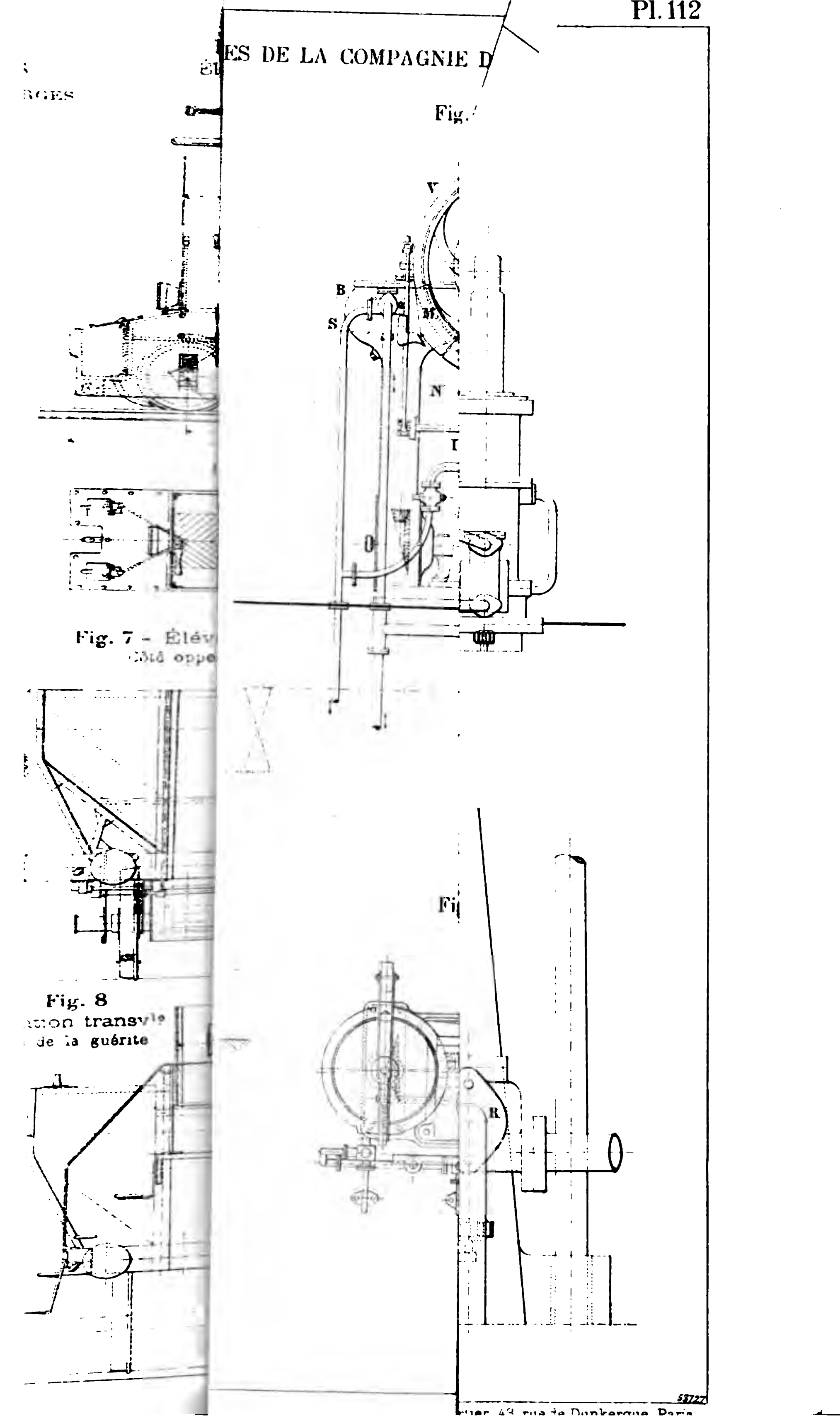
P. Portier.

(1) In-4°, 315 × 225 pages de 400 pages avec 368 figures et planches, Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. — Prix : broché, 18 francs.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 13374-6-05. — (Encre Lorilleux).


ES DE LA COMPAGNIE D
Fig.
V
B
S
M
N
L
R
Fi
Fig. 7 - Élév
Côté oppo
Fig. 8
ation transv^le
de la guérite
53727
...ier, 43 rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1905

N° 8

LES
INSTALLATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES
DE LA HAUTE ITALIE

PAR

M. G. SEMENZA

L'hydrologie de la haute Italie est presque entièrement représentée par l'hydrologie du Pô, son fleuve principal.

De la base du cône du mont Viso, une des pointes des Alpes qui se trouvent à la plus grande distance de l'Adriatique, ce fleuve, qui n'est encore qu'un ruisseau, s'échappe pour s'engager dans une vallée bordée à gauche par les colosses neigeux des Alpes, à droite par les Apennins boisés, et qu'il parcourt rapidement. Déjà grossi par ses premiers affluents, il promène ses eaux, au courant ralenti, dans une plaine fertile formée par le travail lent et continu de milliers et milliers de siècles. Sur son passage, il recueille les eaux qui descendent des deux versants : torrents, rivières, émissaires des lacs, arrivés à leurs confluents en franchissant par bonds les moraines successives, après s'être frayés un chemin dans les gorges des montagnes. Un petit nombre seulement de cours d'eau de ce versant des Alpes conservent leur individualité jusqu'à la mer : l'Adige, le Tagliamento et quelques autres, dont le cours se resserre dans un étroit espace, entre les Alpes du Cadore et l'Adriatique.

C'est du côté des Alpes que le grand collecteur reçoit ses principaux renforts *(fig. 1, Pl. 114)*.

Un premier groupe descend, près de Turin, du massif du mont Blanc : les deux Dora, la Stura, l'Orca; plus loin, la Sesia, qui vient du mont Rose; les eaux des glaciers du Saint-Gothard et du Simplon se mélangent dans le lac Majeur, et forment le Tessin, qui se jette dans le Pô, près de Pavie; la Maloja, la Bernina alimentent l'Adda, qui, après avoir traversé le délicieux lac de Côme, descend dans la plaine, et mêle ses eaux à celles du Pô, un peu avant Cremone; enfin, les Alpes Rhétiques alimentent l'Oglio, le Serio et le Mincio, ainsi que les lacs d'Iseo et de Garde.

Les affluents de la rive droite sont moins importants. Le manque de glaciers et de lacs d'une part, la nature même de l'Apennin et de la Ligurie d'autre part, contribuent à donner aux cours d'eau de ce versant un régime très variable. De ceux qui descendent vers la vallée du Pô, les principaux sont : le Tanaro, la Bormida, le Taro et la Secchia.

Les eaux qui descendent sur l'autre versant des Apennins, vers la Méditerranée, ont plus ou moins une allure torrentueuse; leurs parcours est bref et précipité, et leur régime excessivement variable.

En résumé, une série de fleuves parallèles coupent transversalement la plaine piémontaise, lombarde et vénitienne, et sont recueillis ensuite par le Pô. Tous ces cours d'eau n'ont pas la même valeur au point de vue du problème qui nous intéresse.

Quand il s'agit de l'utilisation de l'énergie hydraulique, deux éléments sont à considérer : un fort débit, et une différence assez grande de niveaux sur un parcours relativement court.

Malgré son fort débit, le Pô ne se prête guère à la production de forces importantes, car son cours est trop lent.

Les torrents qui descendent des sommets des Apennins, et qui jouissent d'une chute élevée, manquent d'eau pendant l'été. Il en est autrement pour les cours d'eau qui descendent des Alpes, et l'on ne trouve rien de plus avantageux, au point de vue qui nous occupe, que les émissaires des grands lacs.

L'origine de ces lacs est connue, elle remonte à la fin de l'époque glaciaire. Après avoir atteint la plaine, les grands glaciers se sont graduellement retirés, laissant une suite de moraines disposées en terrasses successives. Les vallées fermées de la sorte ont donné origine aux lacs, qui se trouvent ainsi à un niveau plus élevé que la plaine. Le lac Majeur, par exemple, se trouve à 142 m, et le lac de Côme à 161 m au-dessus des points de confluence de leurs émissaires avec le Pô. Ces fleuves présentent donc un réservoir naturel, en amont d'une chute importante qui se développe dans un parcours d'une centaine de kilomètres.

Ceux qui ont suivi l'histoire de l'hydraulique se rappelleront que l'utilisation des eaux, dans la haute Italie, et spécialement dans la Lombardie, remonte à une époque très éloignée. On parle, au XIIe siècle, de canaux creusés pour l'irrigation et la navigation; depuis lors, de grands travaux, graduellement exé-

cutés, ont coupé la Lombardie et le Piémont par de nombreux canaux, destinés, soit à l'agriculture, soit à la navigation, canaux qui ont fait de cette région une des contrées agricoles les plus riches de l'Europe, et qui ont donné à la ville de Milan l'importance commerciale dont elle se vante à bon droit.

Il était donc déjà dans les traditions de cette région de considérer ses rivières comme des sources de richesse; c'est à elles qu'elle devait ses produits; c'est grâce à elles qu'elle pouvait transporter facilement les marchandises; c'est à elles et aux rudimentaires roues en bois que, depuis son introduction dans le pays, l'industrie de la soie empruntait la faible force qui lui suffisait pour filer, tordre et tisser le fil du cocon.

Aussi, l'idée de profiter des nouvelles ressources de la science, pour utiliser plus complètement les forces naturelles, a-t-elle trouvé, dans nos pays, le terrain déjà préparé; jamais révolution industrielle n'eût pu jouir d'une popularité plus grande, en Italie, que celle dont nous nous occupons.

Il faut bien remarquer, d'ailleurs, que l'Italie manque presque totalement de combustible minéral; en effet, tandis qu'elle en consomme aujourd'hui plus de 6 millions de tonnes par an, elle n'en produit guère plus de 300 000 t, et elle doit exporter annuellement 150 millions de francs en numéraire pour combler ce déficit.

Ces deux considérations expliquent suffisamment la rapidité avec laquelle l'industrie électrique s'est développée en Italie. Ajoutons que l'État l'a beaucoup aidée, en faisant voter la loi vraiment providentielle qui oblige les propriétaires d'un terrain découvert à laisser les conduites électriques le traverser, et qui détermine la procédure à suivre pour s'accorder sur les indemnités à payer. Ceux qui ont eu à poser des lignes électriques apprécieront certainement l'importance de cette loi.

Parmi les installations de transmission électrique qui existent ou qui ont existé en Italie, il serait difficile de dire quelle est celle qui a eu la précédence.

Très probablement on aura commencé par la transmission de quelques dizaines de chevaux à quelques centaines de mètres; ou peut-être s'est-on borné à transporter l'énergie nécessaire à l'éclairage de quelque petite ville.

J'ai rencontré, dans mes excursions, quelques-unes de ces installations primitives. Je me rappelle, entre autres, une petite

installation, près de Paderno, sur l'Adda, où une vieille roue hydraulique actionnait, par engrenage et courroie, une dynamo, système C. L. E. Brown, de la maison Oerlikon, bipolaire enroulée en série. Deux fils de cuivre montaient la côte jusqu'à un moulin où une autre machine semblable faisait tourner les meules. Un tableau rudimentaire; rien qu'un interrupteur à friction et un parafoudre à pointe; pas d'électricien, un bon paysan arraché à la pioche entretenait l'huile des coussinets et éteignait les arcs des parafoudres avec un petit morceau de carton. Ce qui donnait à cette installation un cachet particulier, c'est qu'elle se trouvait à 500 m à peine de la grande installation de Paderno; cet espace limité suffisait à montrer l'énorme chemin que la science et l'industrie avaient parcouru en si peu d'années.

Les premières installations de transport de force de quelque importance remontent à 1887-1888; j'en trouve une qui date de 1887, à La Ferrière de Pont Saint-Martin : 60 ch, courant continu, 500 volts, système série.

On peut ici rappeler que l'Italie a toujours montré beaucoup d'initiative dans les entreprises électriques. Au mois de juin 1883, deux ans à peine après l'Exposition de Paris, où les appareils d'Edison avaient paru pour la première fois, la Società Edison inaugura à Milan la station Sainte-Radegonde, pour la distribution de l'éclairage, station qu'on peut considérer comme la première entreprise vraiment industrielle tentée en Europe, car la petite station de Holborn Viaduct, de Londres, ne pouvait guère passer que comme une installation expérimentale.

Deux ans après l'Exposition de Turin, où Gaulard et Gibbs avaient montré pour la première fois en action les transformateurs à courant alternatif, on construisait à Rome, en 1886, la centrale de Cerchi, avec distribution souterraine monophasée à 2 000 volts. Il est intéressant de rappeler qu'une application avait été faite en 1885, à Tivoli, près de Rome, avec les appareils mêmes de Gaulard et Gibbs, pour l'éclairage des rues de cette ville.

Les installations de Milan et Rome étaient à vapeur, mais on n'attendit pas longtemps pour se lancer dans les installations hydro-électriques.

La première installation hydro-électrique importante est probablement celle de la Società Degli Aquedotti De Ferrari Galliera, à Gênes; installation en série par excellence, car elle se composait de trois stations en cascade, c'est-à-dire employant successivement trois chutes du même cours d'eau, dont les génératrices,

à courant continu, étaient couplées en série suivant le système Thury. La première de ces stations a commencé à fonctionner au mois de mars 1889.

La tentative suivante fut faite, au contraire, avec courants alternatifs, système Ganz. J'entends parler de la première installation électrique de Tivoli, à Rome, faite en 1893, sur une distance de 25 km, avec courants monophasés à 5 000 volts.

Mais ce ne fut que trois ans plus tard que le mouvement qui devait nous amener à l'état actuel commença à s'accentuer. La Societé Edison, de Milan, en 1896, se décida à transmettre 14 000 ch de Paderno à Milan, soit sur une distance de 36 km, en employant des courants triphasés à 15 000 volts.

L'attention du monde électro-technique tout entier se concentra sur cette expérience, alors considérée comme une des plus grandioses qu'on eût encore tentées, légitime attention d'ailleurs, car c'est l'entier succès de cette entreprise qui a inauguré l'ère des grandes installations : Vizzola, les installations de Turin, de Brescia, du Cellina, du Brembo, de l'Ossolana, sans compter la foule des petites qui ont poussé un peu partout, ne sont venues qu'après Paderno.

Comment, dans une revue aussi rapide, nommer ces centaines d'installations? comment les classer de manière à vous donner un tableau clair et vivant de la situation, qui serait incomplet si je me bornais seulement aux grandes centrales? Les petites aussi ont leur intérêt : ne sont-elles pas comparables aux cellules élémentaires d'un organisme vivant?

Commençons par les plus importantes, qui peuvent être groupées comme suit :

1° Le groupe des centrales desservant Turin;

2° Les centrales de Paderno, de Zögno et de Vigevano, desservant Milan, Monza et la Brianza;

3° Les installations de Vizzola et de Turbigo, appartenant à la Società Lombarda, desservant Gallarate, Busto, Legnano, etc.;

4° L'installation du Cellina, qui dessert Venise;

5° L'installation de Morbegno, pour le chemin de fer de la Valteline;

6° Les installations de Gênes.

Examinons-les rapidement à l'aide du plan *(fig. 1, Pl. 114)* sur lequel sont marqués les cours d'eau en traits légers et les lignes électriques de transmission en traits forts.

Les *installations qui desservent la ville de Turin* sont caractérisées par la pluralité des stations génératrices.

N'ayant pas, dans le voisinage de la ville, une force hydraulique assez puissante pour répondre aux besoins d'une ville de cette importance, on a imaginé de créer diverses installations et de les réunir sur un seul réseau. Quatre de ces centrales sont sur la Stura : à Funghera (3 000 ch), à Rusia (1 500 ch), à Ciampernotto (1 500 ch), et à Pian Soletti (1 500 ch); une est sur la Chiusella (1 500 ch), et une à Bussoleno (1 800 ch), sur la Dora Riparia.

L'irrégularité du débit de ces cours d'eau ne permet pas à ces centrales de disposer pendant toute l'année des puissances indiquées. Aucune de ces rivières n'étant pourvue de réservoirs, elles subissent toutes les contre-coups des phénomènes météorologiques de la région.

Les installations ont été exécutées par la *Società Alta Italia di Elettricità*, à son origine émanation de la maison *Siemens et Halske.* Elles se ressemblent assez dans leur plan d'exécution. Les barrages, les canaux, les conduites sous pression ne présentent rien de remarquable; les salles des machines sont construites avec une élégance de décoration peut-être un peu exagérée. Les turbines ont été fournies par la maison Riva Monneret et C°, de Milan, et les machines et l'appareillage électrique par la maison Siemens.

Les lignes ont été établies avec assez de soin. A l'exemple de la ligne de Paderno, elles ont été en grande partie posées sur supports métalliques, avec des portées qui atteignent parfois 80 m.

Le développement de chacune des lignes de ces installations est :

Pour la ligne de la	Stura	48,2 km
— —	Dora	53,0 —
— —	Biella	90,0 —

Les installations de la *Società Alta Italia* ne desservent pas seulement Turin, mais encore plusieurs petites villes du Piémont, parmi lesquelles je citerai Biella, Ivrea, Rivarolo, Avigliana, Lanzo, etc. Turin constitue naturellement le centre le plus important de la distribution.

Les grandes variations des débits des différentes rivières, qui fournissent l'énergie à ces installations, ont obligé la *Società Alta*

Italia à installer à Turin une forte réserve, et il est remarquable qu'elle ait été amenée à réaliser précisément celle des dispositions que la pratique et les calculs ont plus tard indiquée comme la plus économique.

J'ouvre ici une parenthèse pour expliquer ma pensée.

En général, tout cours d'eau possède un régime variable, et l'on peut dresser une courbe de son débit en fonction des jours de l'année. Supposons, par exemple, que pour tel fleuve on puisse compter sur 10 m³ de débit pour toute l'année, mais que d'autre part, 15 m³ soient assurés pendant 300 jours, et 20 m³ pendant 150 jours. Avec de telles données, on aurait autrefois calculé l'installation sur 10 m³. Mais n'est-il pas permis de se demander s'il ne serait pas plus économique de faire une installation plus grande, quitte à couvrir les déficits de l'eau au moyen d'une installation génératrice thermique ?

En effet, une installation hydraulique de 12 000 ch ne coûte pas beaucoup plus qu'une de 10 000 ch, tandis que les recettes qu'on peut en attendre sont directement en raison de sa puissance. En revanche, une installation à vapeur n'est pas très coûteuse à établir, et, si elle ne doit fonctionner que deux ou trois mois par an, la dépense de charbon n'est pas bien grande.

Nous nous trouvons donc en présence d'un problème à minimum ; si nous augmentons la puissance totale de l'installation, le prix de revient annuel du kw produit, diminuera jusqu'à un minimum, au delà duquel il augmentera. Il convient, par conséquent, de déterminer pour chaque cas particulier, les conditions les plus avantageuses.

Lorsqu'on ne peut pas compter sur une grande constance dans les débits, il faut recourir à un système mixte ; c'est, en effet, le système que l'on voit appliquer tour à tour dans toutes les grandes installations, comme Paderno, Vizzola, Cellina, etc.

Je ferme ma parenthèse.

Depuis un an la *Società Alta Italia* a porté la tension de ses lignes à 25 000 volts ; le résultat de cette augmentation a été très satisfaisant.

D'autre part, toutes ces centrales marchent parfaitement en parallèle avec la station de réserve de Turin ; et pourtant les longueurs de certaines lignes atteignent 90 km. Ce fait est d'autant plus intéressant, que dans d'autres installations on n'a pas pu le réaliser, même avec des lignes plus courtes ; cela tient probablement aux caractéristiques des machines.

La puissance des centrales que je viens de mentionner, ne suffisant déjà plus aux demandes de la ville de Turin, la Compagnie a acheté la nouvelle force que la *Società delle Forze del Moncenisio* vient de créer. L'installation de cette Compagnie, présente des caractéristiques fort intéressantes.

La *Società delle Forze del Moncenisio* s'est assuré la concession d'une chute de 858 m sur la Cenischia, rivière qui peut donner d'une manière constante 1,4 m³. Cette chute s'utilisera en deux fractions successives : la partie inférieure, avec 444 m de chute, est achevée, la supérieure est en construction.

Dans cette première installation, le canal n'a que 1 500 m de longueur. La conduite forcée, de 72 cm de diamètre, mesure à peu près 1 000 m de longueur ; elle pèse 30 000 k. Détail remarquable de cette installation : il n'y a ni soupapes de sûreté ni décharges synchrones.

Les turbines et les régulateurs ont été fournis par Picard et Pictet de Genève, les machines et les appareillages électriques par la Compagnie Thomson-Houston. L'installation se compose de trois unités dont chacune peut donner 1 600 ch. La ligne est bien construite ; elle s'appuie sur des supports métalliques posés à 75 m l'un de l'autre.

Ainsi que je l'ai déjà dit, Milan a été éclairée d'abord par des stations à vapeur ; ce ne fut qu'en 1898 qu'on employa à cet effet la force hydraulique de Paderno. Bien avant que cette ins-installation eût été achevée, on avait dû construire une autre station à vapeur, celle de la Porta Volta, pour assurer le service des tramways électriques.

Ce n'est pas sans une satisfaction émue que je m'arrête sur cette installation qui, en même temps qu'elle est encore une des plus importantes qui existent en Europe, représente pour moi celle dont j'ai eu le plus à m'occuper.

Je me rappelle les discussions, les incertitudes qui ont précédé le choix du système de courant triphasé, des poteaux métalliques, de la tension de 14 000 volts, directement générée par les alternateurs ; et, au moment même où je vous parle, je sens encore l'émotion qui m'agitait lorsque j'ai fermé, de ma main, l'interrupteur qui devait lancer pour la première fois le courant à 14 000 volts sur la ligne ; sept années ne sont pas écoulées depuis ce jour, mais les choses marchent vite ; aujourd'hui, on lancerait 40 000 volts sur cette ligne sans seulement y songer.

Au point de vue hydraulique l'installation de Paderno est une des plus heureuses de la région. Un peu en aval du magnifique pont en fer qui la franchit, l'Adda s'abaisse d'une quarantaine de mètres sur un parcours de 3 km, où elle épuise sa force vive dans des rapides formés par les roches pittoresques qui encombrent son lit et garnissent ses rives. Un canal de navigation à sept écluses servait depuis quatre siècles aux barques de transport pour franchir cette partie de la rivière où la navigation était impossible.

Les ouvrages existants ont été utilisés pour la prise du nouveau canal construit pour un débit de 52 m³. Ce canal, partie en tranchée et partie en tunnel, a une longueur de 2,8 km et aboutit à un point où la vallée s'ouvre de la façon la plus opportune pour recevoir une station génératrice. Elle s'élargit, en effet, en une conque assez étendue pour recevoir sans difficultés le bâtiment de la centrale et les ouvrages accessoires.

La station comprend sept unités de 1 500 kw, tournant à 180 tours : la chute est d'environ 30 m. Les groupes sont constitués par des turbines *Riva Monneret et C°* et des alternateurs triphasés *Brown* à 14 000 volts.

Certains détails de cette installation appellent l'attention ; je vais rapidement les énumérer (1).

D'abord le déversoir. En le voyant de loin, il semble un escalier de géants sur lequel l'eau se précipite de marche en marche. Sa construction est pourtant un peu plus compliquée qu'elle n'en a l'air à première vue, car toute l'eau ne se déverse pas à l'extérieur ; des passages intérieurs ont été ménagés afin que l'eau qui s'en échappe vienne heurter celle qui se déverse à l'extérieur et que chacun de ces deux courants fasse l'office d'amortisseur, annulant la force vive de l'une par celle de l'autre.

Le bâtiment est fort simple. Les turbines sont du côté de la décharge de l'eau, de manière qu'une simple paroi étanche garantisse les alternateurs et les conducteurs électriques contre tout épanchement intempestif.

La ligne de Paderno marque l'origine d'une révolution dans les lignes de transmission ; révolution qui consiste dans l'emploi des supports métalliques, avec grandes portées, et prélude aux lignes modernes dont je parlerai tout à l'heure.

La seule proposition d'employer des supports métalliques,

(1) Voir les dessins publiés par l'*Industrie électrique*, année 1899, pages 459, 581, 557.

souleva alors des objections sans nombre ; l'isolement ne paraissait pas suffisamment assuré, on craignait qu'en touchant seulement les supports on ne reçût des secousses, on se préoccupait même de l'augmentation de self-induction que tout ce fer situé entre ces fils, devait causer. Rien de tout cela ne s'est produit et cette ligne a obtenu un véritable succès, tant au point technique qu'au point de vue économique, car les frais de son entretien sont absolument négligeables et elle se trouve aujourd'hui en aussi parfait état que le jour de sa mise en service.

La puissance de la station de Paderno fut d'abord destinée à Milan ; puis plus tard elle fut employée par la *Società Monzese di Elettricità* pour Monza, ville très industrielle située à 14 km de Milan ; quelques centaines de kilowatts furent également concédés à une société locale de la Brianza.

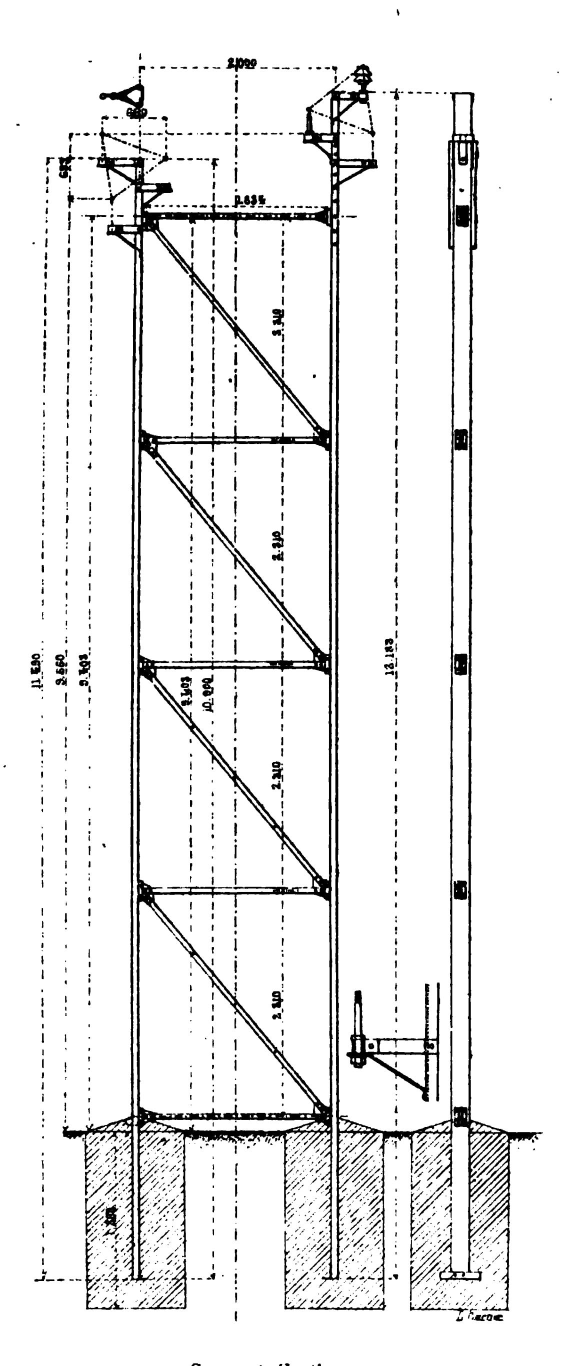
Mais cette puissance fut bientôt absorbée si complétement, qu'on dut porter la station subsidiaire de Milan d'abord à 7 000 et ensuite à 10 000 kw.

Il devenait donc nécessaire de trouver de nouvelles sources d'énergie hydraulique ; c'est la *Società Conti Per Imprese Elettriche*, société alliée tant à la *Società Edison* qu'à la *Società Monzese d'Elettricità*, qui les procura en y destinant son installation du Brembo.

Le Brembo est une rivière qui a sa source dans les Préalpes, tout près de St-Pellegrino, localité que ses eaux minérales ont rendue célèbre. La rivière fut barrée par une digue et l'eau captée est conduite au bassin de charge par un canal ouvert. De là les conduites sous pression descendent à la station génératrice, où sont alignés quatre groupes générateurs de 2 000 kw chacun à 315 tours *(fig. 1 à 6, Pl. 116)*.

Cette installation, qui a été mise en marche le 15 octobre dernier, est intéressante à un double point de vue, d'abord parce qu'elle représente un des types les plus modernes, ensuite, parce que la *Società Conti* a voulu en faire une œuvre complètement nationale.

En effet, les turbines sortent des ateliers de construction *Riva Monneret et C°*, de Milan ; les alternateurs et tout l'équipement électrique des fabriques réunies *Gadda et Brioschi et Finzi*, également de Milan ; les supports de la ligne des *Usines de Savigliano* ; les isolateurs, de la fabrique *Richard-Ginori*, encore de Milan ; enfin l'étude et l'exécution de cette installation ont été entièrement confiées à des Italiens.



Support élastique.

Si dans la science pure la revendication de la nationalité peut être considérée comme une question sans importance, pour ne pas dire mesquine, il n'en est pas de même dans l'industrie, qui est la science appliquée ; le fait de se montrer capable de construire en entier un système hydro-électrique, pour un pays où l'industrie mécanique est jeune encore et où la concurrence de l'importation étrangère est acharnée, mérite au moins d'être signalé.

Parmi les choses notables de cette station, il faut rappeler le tableau construit sur le principe du système cellulaire, c. a. d., où chaque appareil dangereux est situé dans une cellule en maçonnerie ou en ciment armé, de manière qu'un contact accidentel se trouve localisé et ne puisse endommager les appareils voisins : de même les barres collectrices sont efficacement séparées par des cloisons et les court-circuits de tableau, toujours si dangereux, sont rendus impossibles.

L'architecture et les décorations du bâtiment offrent un caractère spécial ; c'est celui des anciennes constructions de la vallée du Brembo, qu'on a voulu conserver dans une structure toute moderne.

Abandonnons maintenant la salle des machines pour examiner la ligne. La forme du support paraît assez curieuse au premier abord ; il se compose de deux fers à U parallèles reliés par des croix de Saint-André. C'est en apparence un support mesquin, trop léger, auquel semble faire défaut la stabilité ; mais considérons-le au point de vue mécanique.

Dans les conditions normales, une ligne peut subir des efforts transversaux dus au vent dans sa partie droite et des efforts longitudinaux lorsqu'il y a des fils rompus.

Contre les efforts transversaux, ce support est très résistant, car sa base est très large, 2 m environ. Voyons maintenant ce qui se passerait si quelques fils ou même tous les fils de la ligne se rompaient. Le poteau est très élastique : il peut fléchir de 40 cm à son sommet sans dépasser sa limite d'élasticité. Il se courbe donc; mais, aussitôt qu'il se courbe, la tension diminue. Le deuxième support, qui était en équilibre, se trouve sollicité à son tour : il se courbe aussi quoique d'un angle moindre que le premier; ainsi de suite le troisième, le quatrième, etc. Ce fait se traduit par un calcul, au moyen duquel on peut établir les dimensions du support.

On a donc ainsi un support élastique, dans lequel la flexibilité même devient un élément de sécurité.

Il va sans dire que ce type de support ne peut s'employer que dans le cas de lignes à tracé régulier et avec des portées uniformes, comme par exemple dans la traversée des plaines. Ce support, qui a pris le nom d'*élastique*, a permis de réduire d'une manière sensible le coût des lignes : le support du Brembo ne revient qu'à 120 francs.

La ligne de Brembo-Monza possède ce type de support dans sa partie en plaine; la partie en montagne offre, d'ailleurs, elle aussi, des détails très intéressants.

La vallée du Brembo est fort étroite et ses affluents la coupent fréquemment, de manière que son profil se présente sous l'aspect d'un grand zigzag. Pour suivre ce profil avec des supports placés de 60 à 60 m il aurait fallu constamment monter et descendre, et le calcul a montré que plusieurs de ces supports auraient été sollicités de bas en haut. Filons tout droit, alors, s'est-on-dit : plaçons des supports sur les points culminants et sautons de l'un à l'autre. De cette manière on est arrivé à des portées de 100, 150, 200 m et même 280 m, sans que le succès technique ait été compromis *(fig. 3, Pl. 114)*.

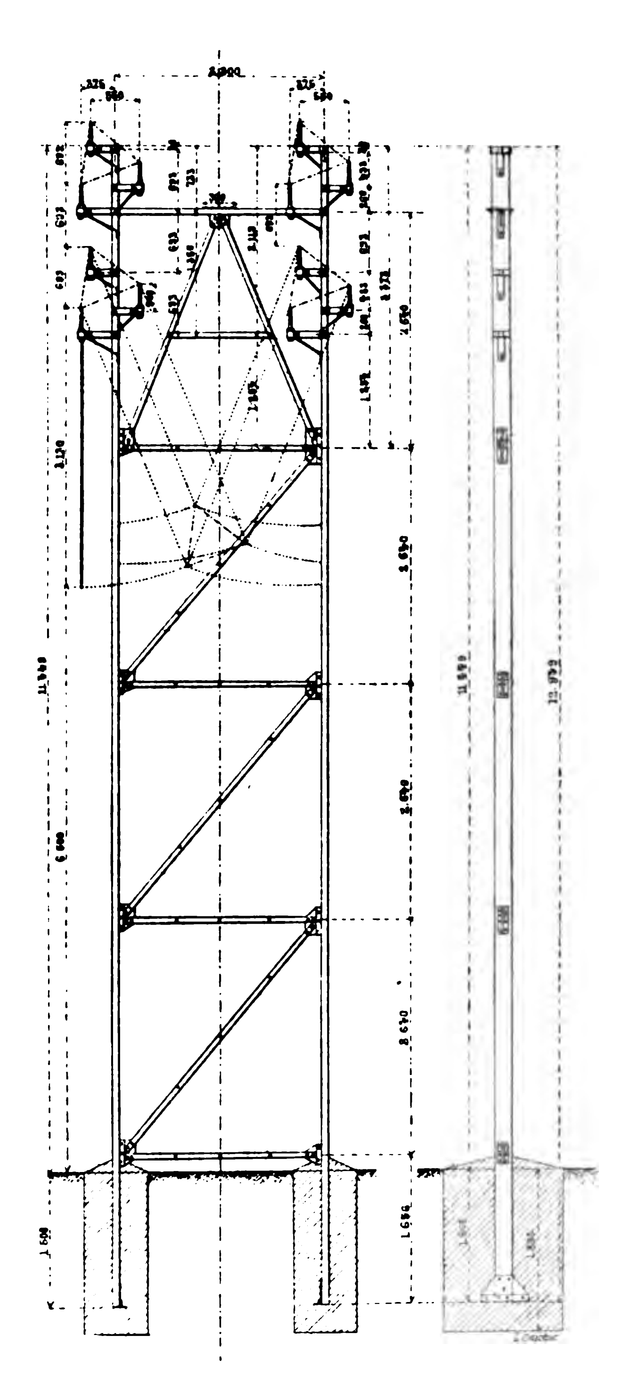
Cette ligne amène l'énergie du Brembo jusqu'auprès de Monza, où elle alimente, au moyen d'un anneau de 30 km de périphérie, une des régions les plus peuplées d'Europe, la Brianza

Les 3 500 kilowatts du Brembo ne suffisent pas à satisfaire toute cette zone, à laquelle la *Societa Edison* fournit le surplus.

La demande d'énergie de Milan, Monza et leurs environs croît continuellement et on a dû procéder à la création de deux autres installations hydro-électriques qui sont encore en cours de construction.

La première, sur le Tessin, à *Vigevano*, utilisera une chute de 18 m avec un débit de 30 m³. Elle se composera de cinq groupes générateurs et sera construite plus ou moins sur le modèle de celle du Brembo. La ligne à 25 000 volts dont une partie est déjà en exploitation, repose sur des poteaux élastiques avec une portée normale de 110 m. Ces poteaux, qui doivent porter six fils de 7 mm ne pèsent que 600 kilogrammes.

La seconde de ces installations est celle de *Trezzo*; c'est la première installation à faible chute que nous rencontrons. En effet, on profite d'un simple méandre de l'Adda, dans le voisinage du célèbre château de Trezzo, pour constituer une chute de 8 m avec 40 m³, d'eau en maigre. Les turbines sont à axe vertical et marchent à 105 tours. Les fournisseurs du matériel électrique



Support élastique de la ligne du Trezzo.

sont les mêmes que ceux de l'usine du Brembo; la tension sera de 12 000 volts directement engendrée et envoyée sur la ligne qui comportera 12 fils et sera comme celle du Brembo, sur supports élastiques.

Les villes de Milan et Monza et leurs environs seront encore insuffisamment desservies avec toutes ces installations. En effet; en hiver la ville de Milan arrivera sous peu à demander à certains moments plus de 20 000 kilowatts, Monza et ses environs 5 000 kilowatts; cette demande croît en outre continuellement et rapidement. La Società Edison va se décider sous peu à procéder à quelque grande installation; plusieurs sont à l'étude et se présentent dans d'assez bonnes conditions de succès.

L'installation de la *Società Lombarda per Distribuzione di Energia Elettrica*, présente un caractère tout spécial et différent de celui des autres : elle ne dessert pas une ville déterminée, mais toute une région de plus de 2 000 km^2, qui s'étend entre Varese, Milan et le Tessin.

Quelques industriels se fixèrent autrefois sur les bords de l'Olona, cours d'eau de deuxième ordre qui se trouve dans cette région et utilisèrent une série de petites chutes, dont ils pouvaient tirer qui 10, qui 15, qui, 30 ch au maximum. Lorsque la vie industrielle commença à se développer en Italie, ces petites puissances ne suffisant plus, on vit pousser graduellement à côté des roues hydrauliques, de longues cheminées et tourner des machines à vapeur. Cependant, l'initiative industrielle, d'abord limitée à la vallée de l'Olona, s'étendit peu à peu aux petits centres agricoles des alentours et fit de cette région une des plus actives de la contrée.

La dernière phase de son évolution s'est accomplie à l'aide des transmissions électriques.

Une des limites de cette région est constituée par le Tessin, rivière très importante, et émissaire du Lac Majeur, comme nous l'avons déjà noté. Il y avait là une puissance importante, mais de telle nature qu'on n'aurait pas pu l'utiliser au moyen de petites installations fractionnées. La transmission électrique, au contraire, permettait de faire une grande installation unique et de la distribuer en petites quantités dans toute la région. Grâce à elle, toute la contrée est aujourd'hui sillonnée dans toutes les directions par des lignes électriques et les cheminées des fabriques ont cessé de vomir leur fumée; les superbes machines à

vapeur dorment, froides, à côté des petits moteurs électriques qui les ont tuées.

La première installation de la Società Lombarda fut faite à *Vizzola*. Il faut noter que depuis des années on avait jeté dans le lit du Tessin, à la hauteur de Somma, un barrage de 290 m de longueur, à l'effet de dériver un canal que du nom de celui qui l'avait conçu, on avait appelé le « Villoresi ». Ce barrage envoie l'eau captée dans un grand bassin ou collecteur duquel dérivent, à gauche le canal Villoresi et à droite un canal qui doit rendre au Tessin la quantité d'eau nécessaire à la navigation *(fig. 2, Pl. 114)*.

Entre les deux, et tout à côté du Villoresi, on a pratiqué la nouvelle prise. C'est un canal sans revêtement, pour un débit de 81 m³ avec une pente de 1,15 0/00 et une longueur de 6 853,60 m. Il court presque constamment à mi-côte, voisin du Villoresi, qu'il n'abandonne que pour rejoindre l'usine par un Pont-Canal.

L'installation comprend deux bâtiments : l'un, qui est le bassin de mise en charge et son déversoir; l'autre, la station génératrice proprement dite; les deux sont reliées par 10 tuyaux.

La chute obtenue ainsi est de 29 m environ et la puissance normale (pour un débit de 69 m³) est de 14 500 kilowatts soit à peu près 20 000 ch *(fig. 7, Pl. 116 et Pl. 115)*.

Cette centrale est aujourd'hui la plus puissante de l'Italie. La superbe salle de 45 m de longueur et de 17 m. de largeur, contient les 13 turbines alignées avec les énormes tuyaux qui leur arrivent d'en haut. 8 de ces turbines de 2 000 ch ainsi que 2 autres employées à actionner les excitatrices, sortent de l'atelier de construction Riva Monneret et Cᵒ de Milan; 2 autres de 2 000 ch de chez Voith de Heidenheim. Les alternateurs et tout l'équipement électrique ont été fournis par la maison Schuckert de Nuremberg.

Il est curieux d'observer, comment des types de machines, jadis abandonnés, reviennent quelquefois sur la scène technique : les alternateurs de Vizzola, par exemple, construits en 1899, sont de l'ancien type Oerlikon, avec une seule grande bobine excitatrice sur la roue polaire. La partie électrique de l'usine ne présente rien de spécialement remarquable.

Depuis quelques mois, la même Société a mis en service une deuxième station hydraulique à Turbigo.

La centrale de *Turbigo* ne se trouve pas exactement sur le Tessin, mais sur un grand canal, dérivé un peu en aval de l'usine

de Vizzola, et qu'on appelle le « Naviglio Grande ». Ce canal existe depuis six ou sept siècles, il a un débit de 60 m³; navigable sur toute sa longueur, il irrigue avec ses dernières ramifications 50 000 ha de cultures.

Le Naviglio Grande et le canal de la Muzza ont tenu, pendant des siècles le premier rang parmi les travaux hydrauliques de la haute Italie; il faut se reporter à l'époque reculée de leur construction pour en apprécier toute l'importance. En effet, c'est à eux que les plaines de la Lombardie doivent la graduelle transformation qui les a faites les terres fertiles qu'on admire aujourd'hui; c'est à eux que cette région doit sa prospérité actuelle.

Après un parcours d'environ 50 km, le Naviglio Grande, arrive à Milan, où il se réunit au canal de la Martesana, dérivé de l'Adda; leurs eaux mélangées poursuivent ensuite leur route vers le sud en se répandant pour l'irrigation des champs. Entre la prise et Milan, la chute du Naviglio Grande est de 33,5 m dont 29 sont consommés dans les 30 premiers kilomètres.

Cette partie antérieure du canal manque totalement d'écluses : il faut croire que sa construction a précédé leur introduction ; quoi qu'il en soit, il en résulte que l'eau s'y engage avec une vitesse considérable. Depuis longtemps on s'étudiait à utiliser cette puissance; trois projets naquirent de ces études:

Un à Turbigo, avec 5 000 ch effectifs;

Un à Boffalora, avec 2 500 ch effectifs;

Un à Abbiategrasso, avec 4 400 ch effectifs.

C'est la première de ces puissances qui a été utilisée par la Società Lombarda. En introduisant dans le Naviglio un barrage mobile qui dévie l'eau dans un nouveau canal de 5 590 m elle a obtenu ainsi une chute de 8,2 m.

Nous voici donc en présence d'une grosse installation à faible chute, avec cet avantage de n'avoir de variation ni dans le débit ni dans la chute, puisque c'est d'un canal qu'il s'agit.

La centrale de Turbigo contient 5 turbines, à axe horizontal, de la maison Riva Monneret et C°; chacune de ces turbines est construite pour un débit de 18 000 litres: elles marchent à 125 tours. Les alternateurs triphasés à 11 000 volts et 50 périodes d'une puissance de 1 050 kilowatts sont construits par la maison Gadda et Brioschi, Finzi et C° de Milan. Étant donnée la faiblesse de la chute, la chambre de mise en charge a été séparée de l'usine par un mur de 2 m, et les turbines ont été noyées dans

la chambre même, la décharge se faisant par un conduit en ciment qui passe sous le bâtiment.

Les stations de Vizzola et de Turbigo, avec la station de réserve de Castellanza, alimentent un vaste réseau de lignes à 11 000 volts qui distribue les 25 000 ch produits sur une superficie d'environ 2 000 km². En traversant cette région on aperçoit de toutes parts de longues rangées de poteaux soutenant des fils minces sur des isolateurs dont l'émail luit au soleil. Ces lignes pénètrent dans les fabriques, elles touchent les bourgades et les villages; plusieurs d'entre eux sont éclairés à l'électricité et ont passé de l'éclairage à l'huile au système le plus moderne sans franchir les degrés intermédiaires.

Les lignes à 11 000 volts ont une longueur de 172 km. A celles-ci se rattachent 50 km de lignes à 3 600 volts. A ne considérer que les circuits à 3 fils, la longueur totale de ces lignes est de 370 km; on compte 1 650 supports en fer, 3 500 en bois, et les fils pèsent en tout 500 000 kg. Il y a 179 transformateurs de différents types. Le nombre des clients qui emploient directement la force dans leurs fabriques s'élève à 162, tandis que 138 la revendent; l'énergie distribuée par la Società Lombarda, fait travailler 30 000 ouvriers.

Le succès de l'entreprise a été si grand que la puissance actuellement disponible est presque toute placée; aussi la Société s'occupe déjà de faire une nouvelle transmission de force.

La région qu'elle exploite ne pouvant lui offrir les nouvelles ressources dont elle a besoin, il a bien fallu s'adresser ailleurs, et la Società Lombarda a résolument abordé, la première, le problème d'aller chercher dans le cœur même des Alpes les énergies qui y sont cachées.

Du Bernina, le colosse de l'Engadina, descend vers l'Italie le Poschiavino, petite rivière qui forme le lac de Poschiavo, bien connu de ceux qui fréquentent cette région enchanteresse. L'émissaire de ce lac, descend vers la Valtellina pour se jeter dans l'Adda et sur un parcours de 5 km, il a une chute de 400 m environ. Une installation de ce genre offrait un cas intéressant car les travaux devaient se faire sur un territoire suisse, politiquement parlant, mais italien au point de vue géographique et hydraulique. Les choses ont été arrangées de manière à placer l'usine génératrice sur territoire italien, à *Brusio*.

Les travaux hydrauliques sont assez simples : un barrage, et un seul tunnel, et c'est tout; la puissance de l'installation est de

près de 20 000 ch. La ligne, au contraire, représentera, la partie la plus hardie de l'installation, car elle aura une longueur de 130 km environ et son tracé est assez compliqué. On adoptera la tension de 40 000 volts. De cette manière, la Società Lombarda disposera d'une puissance de plus de 45 000 ch.

Les industries tiennent du barbare par l'esprit : elles ne respectent ni n'épargnent rien. Il y a des sites où l'érection d'une cheminée de fabrique serait un crime et où on ne voudrait jamais voir passer de fils électriques.

Ceux qui connaissent la belle Venise, l'ancienne reine de la mer, partageront sans doute à son égard cette manière de voir. Venise, devenue ville industrielle, heurte tous les sentiments esthétiques. Déjà cependant de lourds poteaux plantés dans la lagune, comme des œuvres avancées, y amènent des fils conducteurs.

Que les amateurs de la Venise ancienne se rassurent : ce ne sont pas quelques fils traversant le ciel, qui suffiront à détruire la poésie qu'engendre cette ville singulière et ils n'eussent sans doute pas fait varier d'un mot les pages immortelles que Musset, Byron et Shakespeare lui ont consacrées.

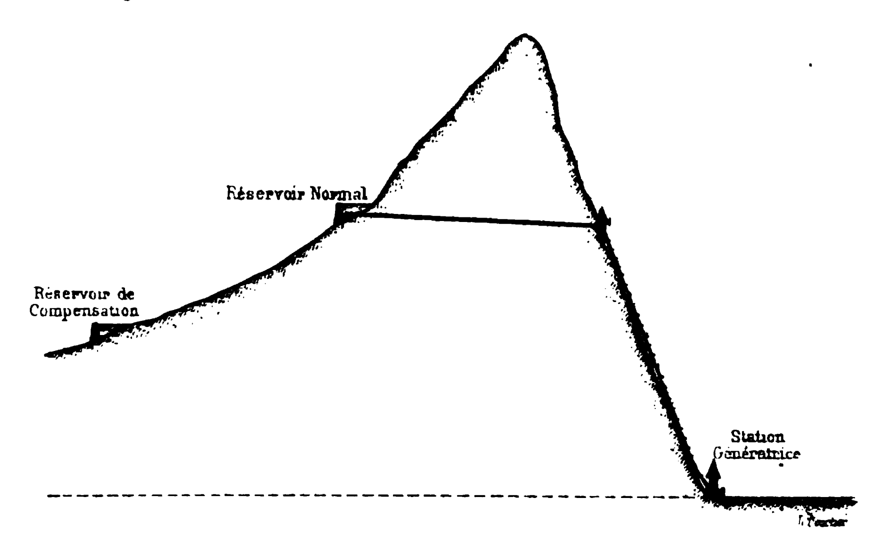
L'installation que ces esprits, avant tout utilitaires, ont imaginée est d'ailleurs fort intéressante. Elle est édifiée sur un torrent le Cellina, très peu connu : on chercherait en vain son embouchure sur les rivages de la mer. Descendu des Alpes dans une vallée profonde et pittoresque qu'il s'est creusée dans les basaltes, il débouche dans la plaine, où son lit s'élargit et se divise ensuite en filets liquides multipliés qui finissent par se perdre ; à quelques kilomètres plus bas, on ne retrouve plus rien : la rivière a été engloutie par les sables.

Un barrage de 18 m de hauteur a été construit dans une gorge du torrent : le canal serpente à mi-côte sur une longueur de 11 km ; son débit est de 18 m^3 à la sortie de la vallée, où l'on peut utiliser une chute de 57 m.

L'Usine comprend six groupes de 2 600 ch, chacun formé par une turbine Riva Monneret et C°., et un alternateur triphasé Brown-Boveri, tournant à la vitesse de 315 tours à la minute ; trois autres groupes servent pour l'excitation. Les courants sont engendrés à 2 000 volts. Les tableaux, étudiés avec beaucoup de soin, sont assez modernes dans leur ensemble et dans leurs détails.

La ligne qui conduit à Venise, et qui a une longueur d'environ 90 km, a été posée sur poteaux doubles en bois. Elle a été étudiée avec beaucoup de soin, de manière à réaliser une structure tout à fait mécanique, mais étant donné le progrès fait récemment par les lignes à supports métalliques, il y a lieu de supposer que celle de Venise restera comme un dernier exemplaire de ce type de construction, La traversée de la lagune et l'entrée à Venise, au contraire, ont été faites sur des constructions métalliques assez lourdes *(fig. 8, Pl. 116)*.

Ainsi que je l'ai déjà dit, l'Apennin de la Ligurie, en raison de sa conformation et de sa structure géologique, donne naissance à des torrents plutôt qu'à de véritables fleuves ; et ce caractère est spécialement marqué sur le versant qui descend à la Méditerranée, où il est déterminé par la forte pente de la montagne. Sauf de rares exceptions, les torrents qu'on rencontre débitent, à l'époque des pluies, des volumes considérables d'eau, et roulent des masses énormes de pierres, tandis qu'en été, pendant de longs mois, ils sont absolument à sec.



Le versant septentrional, dont la pente est plus douce et la végétation plus luxuriante, se présente sous un aspect plus favorable, bien que ses cours d'eau aient des régimes encore tellement variables, qu'il est extrêmement difficile de les utiliser directement pour la production de forces importantes. Aussi, la solution rationnelle qui s'impose est elle celle des réservoirs.

Cette solution, comme je vais l'expliquer à l'aide d'un dessin schématique, a été notablement perfectionnée.

Le versant qui fournit les débits les plus grands est celui qui regarde le nord, mais le versant sud permet d'obtenir une chute beaucoup plus forte. Par conséquent en créant sur le versant nord un réservoir, et en envoyant par un tunnel l'eau qu'il recueille sur l'autre versant, pour l'y utiliser, il semble que le problème soit résolu. Pas encore pourtant, car en agissant ainsi, on violerait des droits acquis, en privant d'eau les habitants de la vallée du nord, qui utilisent la rivière pour l'irrigation de leurs champs et pour faire tourner leurs moulins. Force est donc de créer plus en aval un deuxième réservoir qui recevra les eaux de la partie du bassin compris entre les deux réservoirs et qui fournira à la vallée un débit presque constant pendant toute l'année.

C'est sur ce principe qu'a été construite, dès 1889, l'installation du Gorzente, pour fournir d'eau la ville de Gênes et pour créer de la force motrice. Cette installation, faite par la *Societa dell'Acquedotto de Ferrari Galliera*, se recommande par la hardiesse de l'entreprise.

Sur le torrent Gorzente, on a donc formé deux réservoirs, l'un de 2 400 000 m³, l'autre de 3 368 069 m³, avec des barrages respectivement de 37 m et de 40 m. Un tunnel porte les eaux dans la vallée du Bisagno, où elle traverse en cascade trois stations électriques pour descendre ensuite alimenter les conduites d'eau potable de Gênes. Le débit d'eau est constamment de 530 litres et la hauteur de la chute de 370 m.

Électriquement parlant, les stations sont en série, l'installation étant du système Thury « courant continu en série.

Cette installation a été faite dans l'hypothèse d'un débit constant pour les vingt-quatre heures, ce qui ne correspond pas à la réalité, car la demande d'énergie est, au contraire, très variable.

La *Società dell'Aquedotto de Ferrari Galliera* se résolut par conséquent à modifier ses installations, adoptant un seul saut de 350 m. construisant une usine capable de fournir 6 000 ch, dont une partie encore à courant continu système Thury en série, et une partie à courant alternatif à 5 000 volts.

Par l'initiative de la *Società delle Forze della Liguria*, une série d'installations hydrauliquement semblables à celle du Gorzente, sont en voie d'exécution. Une étude a été faite de toutes les res-

sources hydrauliques de l'Apennin, et a conduit à concentrer les installations sur quatre points distincts : un à l'Enza pour desservir la Spezia, où se trouve le principal port militaire de l'Italie ainsi que l'Arsenal maritime ; un sur l'Oveto, un autre sur l'Orba et le quatrième sur la Bormida, pour desservir Gênes.

Les chutes, débits moyens et puissances sont :

Installation de l'Aveto : 2,50 m³, — chute utile 750 m ; — 18 000 ch effectifs ; — capacité du réservoir principal 60 millions de m³ ; — capacité du réservoir de compensation 10 millions de m³.

Insallations de l'Orba : 1° supérieure 1 m³ ; — chute 550 m ; — 5 500 ch effectifs ; — réservoir principal 8 millions de mètres cubes ;

2° inférieure 2,50 m³ ; — chute 90 m ; 2 500 ch effectifs ; — réservoir 8 millions de mètres cubes.

Installation de la Bormida : 0,6 m³ ; — chute 400 m ; — 2 400 ch effectifs ; — réservoir 8 millions de mètres cubes.

Il s'agit donc d'un projet de 28 100 ch pour Gênes et la Rivière ; 28 000 ch si l'on suppose un débit constant, mais le double et même plus si on peut débiter au fur et à mesure de la demande.

L'installation destinée à la Spezia est en cours d'exécution. Elle aura un réservoir de 2 1/2 millions de m³ duquel on pourra tirer 400 litres, débit moyen par seconde, avec une chute totale de 800 m, c'est-à-dire une puissance de 3 200 ch.

L'énergie sera transmise à la Spezia sous la tension de 30 000 volts.

En 1897, le Gouvernement Italien invita ses deux grandes Compagnies de Chemins de fer, la *Società per le Ferrovie del Mediterraneo* et la *Società per le Ferrovie Meridionali*, à étudier la question de la traction électrique et à lui soumettre des projets pour des essais sur grande échelle.

Comme on le sait, la Società del Mediterraneo, proposa la traction avec troisième rail, courant continu à 750 volts sur les lignes qui réunissent Milan au lac Majeur et au lac de Lugano. L'installation marche depuis trois ans d'une manière tout à fait satisfaisante. Pour cet essai, il avait été question d'utiliser une chute du Tessin entre Vizzola et Turbigo, mais on rencontra de telles difficultés pour régler les droits d'eau que la Società del Mediterraneo préféra employer la vapeur, en considération surtout du caractère purement expérimental de l'installation.

La Società delle Ferrovie Meridionali fut plus hardie ; elle établit une station hydro-électrique et adopta le nouveau système Ganz, courant triphasé à 3000 volts sur le fil du trolley. Les lignes choisies furent celles de la Valtellina, c'est-à-dire la ligne de Lecco-Colico, d'une longueur de 38,95 km ; la ligne de Colico-Sondrio, d'une longueur de 40,79 km ; la ligne de Colico-Chiavenna, d'une longueur de 26,57 km. Ces lignes mettent la Lombardie en rapport avec l'Engadine, et pendant la saison d'été le mouvement des touristes y est très intense.

Cette expérience est désormais trop connue dans le monde technique pour que je m'arrête à en parler : les résultats obtenus peuvent être considérés comme très satisfaisants, et maintenant que la période des essais et des corrections est franchie, le fonctionnement de l'installation est parfaitement régulier.

Nous parlerons pourtant de l'installation hydro-électrique.

L'Adda, qui fournit l'énergie nécessaire à la station centrale, a une chute d'environ 35 m sur une distance de 5 km, entre le pont de Desco et celui de Ganda. La puissance minimum disponible est de 7500 ch effectifs. En aval du pont de Desco, le fleuve se divise en deux branches. L'une d'elles a été définitivement barrée, tandis que dans l'autre on a ménagé un barrage de retenue mobile, composé de vannes que l'on soulève pour évacuer les apports de l'Adda, considérables surtout à l'époque des fortes crues.

La prise d'eau est constituée par une galerie à deux orifices, à travers lesquels l'eau s'écoule dans un canal à ciel ouvert de 1900 m de longueur, pour passer ensuite dans un tunnel de 2900 m, partie maçonné et partie ménagé dans la roche. La conduite libre, dont la pente n'est que de 1 0/00, aboutit, à son extrémité en aval, au bassin d'eau de Morbegno. Dans le tunnel, le canal s'élargit, formant une chambre à décanter de 7 m sur 25 m, avec 5 m de profondeur. La vitesse de l'eau y est réduite de 2,5 m à 0,7 m par seconde. Les apports s'y arrêtent et peuvent en être évacués à travers des vannes de chasse ménagées dans la paroi de la chambre. Ce réservoir est le point de départ de la conduite forcée composée de deux tuyaux de 68 m de longueur et 2,5 m de diamètre, inclinés à 45 degrés et aboutissant à leur extrémité en aval à la station centrale. Ces conduites se divisent, dans la salle des machines, en deux parties, dont chacune aboutit à une turbine de 2000 ch effectifs.

La station centrale est prévue pour quatre groupes de turbines

et alternateurs; les trois premiers groupes, de 2000 ch chacun, sont déjà installés, et un quatrième groupe, de 3000 ou 4000 ch, est projeté. Les turbines à réaction, type Francis, de 150 tours par minute, ont été fournies par la maison Ganz, de Budapest. La chute totale, c'est-à-dire la différence de niveau entre le bassin de distribution et le bassin collecteur de décharge, est de 30 m, réduite à 27 m et même à 26 m par suite de l'élévation du niveau en aval dans la période des grandes eaux.

Les alternateurs sont directement accouplés aux turbines, de sorte qu'un groupe électrogène ne repose que sur deux paliers. Ces alternateurs, de la maison Schuckert et Cie, de Nuremberg, produisent le courant à 20000 volts et à 15 périodes. C'est le seul exemple existant en Italie de génératrices d'un voltage si élevé et les renseignements me manquent pour dire si les résultats sont satisfaisants. Il est certain que cette solution d'un groupe hydro-électrique à deux supports, engendrant directement les courants à 20000 volts, est d'une simplicité saisissante.

Les lignes à 20000 volts quittent la station et suivent le parcours du chemin de fer, dans quelques parties s'appuyant sur les supports mêmes des lignes du trolley, dans d'autres s'éloignant sur des poteaux en bois. Cette ligne, conçue comme ligne d'expérience, n'a pas été trop soignée dans sa construction et pourtant elle fonctionne régulièrement.

Les sous-stations contiennent un transformateur de 300 kilowatts et débitent des courants à 3000 volts.

Je rappelle ici que deux des fils du service du chemin de fer sont aériens et que le troisième est formé par les rails. Les moteurs reçoivent directement le courant à 3000 volts.

Les installations dont nous avons parlé jusqu'à présent sont des colosses, tant pour leur puissance que pour l'importance de leur emploi. A côté de celles-ci, il en existe d'autres, d'une importance moindre, qui sont cependant remarquables à plus d'un titre.

Presque toutes les petites villes, les bourgs et même un très grand nombre de villages ont la lumière électrique, et la plupart la tirent des installations hydro-électriques.

Parmi les petites villes de 10000 à 50000 habitants, je citerai Vercelli, Novara, Pavia, Bergamo, Brescia, Verona, Voghera, Alessandria, Mondovi, Vicenza, Intra, etc. Je ne signalerai que quelques points intéressants.

L'installation qui dessert la ville de Côme et une partie des villages qui bordent le lac, possède, en premier lieu, une ligne de 40 km à 20000 volts, la station génératrice se trouvant à quelques km de Porlezza, sur le lac de Lugano; cette ligne suit la vallée de Lanzo et redescend plus loin au lac de Côme. L'installation comporte un canal de 3500 m de longueur avec des tunnels; la chute utilisée est de 250 m et la station contient cinq groupes générateurs de 650 ch. Ces groupes ont reçu le nom de groupes turbo-dynamo-transformateurs, parce que dans la disposition adoptée par la maison Brown Boveri, qui a exécuté l'installation, on considère un alternateur et un transformateur comme une unité génératrice.

La ville de Lecco emprunte aussi son énergie électrique à une source hydraulique située à 21 km de distance. Il y a là une chute de 55 m. La station génératrice comporte trois groupes de 550 ch à 3300 volts, courant triphasé à 40 périodes, et des transformateurs qui élèvent la tension à 15000 volts.

Le profil de la ligne est assez intéressant : en effet, la station génératrice se trouve à 400 m au-dessus du niveau de la mer et l'extrémité de la ligne à 200 m environ, tandis qu'un col qu'elle traverse atteint 1 300 m de hauteur. Malgré ces différences de niveau, le fonctionnement de cette ligne n'est pas trop troublé par la foudre.

L'installation dessert une région, autour de Lecco, d'environ 10 km de rayon.

L'installation de Vérone diffère beaucoup de la précédente. Dans cette ville existe un canal industriel qui alimente avec une chute d'environ 10 m un certain nombre de fabriques.

On utilise une partie de la puissance de cette chute pour engendrer environ 1000 ch à courant triphasé à 3000 volts, qu'on distribue, après transformation, aux petites industries de la ville, lesquelles peuvent absorber chacune jusqu'à 35 ch.

Les installations de Vercelli, de Novara et de Pavia se trouvent dans des conditions analogues.

La ville de Brescia (67000 habitants) est desservie par deux installations hydro-électriques ; une troisième entrera bientôt en exploitation.

La première a été établie en 1893 à Cavalgese : elle donne environ 1000 ch. C'est une transmission de 20 km, courant continu en série, système Thury, à 9000 volts. Elle constitue, en raison de l'époque où elle a été faite, une sorte de document historique.

La deuxième, à Barghe, fournit 1 200 ch environ en courant triphasé, engendré à 3600 volts et élevé à 20000 volts pour son transport à Brescia; la ligne mesure 30 km et est portée sur des supports mixtes en bois et fer, avec remplissage en ciment.

La troisième installation, qui est encore en construction, sera la plus importante, mais elle desservira, en outre, une fabrique de soude située aux environs de Brescia. La centrale se trouve à Ponte Caffaro, dans la vallée Giudicaria, et elle utilise une chute de 250 m qui peut fournir 10 000 ch environ. On produira des courants triphasés à 9 000 volts que l'on portera à 40 000. Ces deux valeurs de la tension exigent une explication. A 7 ou 8 km en amont de la première station, on en construira plus tard une deuxième qui devra fonctionner en parallèle avec la première; c'est ce qui justifie les 9 000 volts à la station la plus en aval, où tout le courant sera élevé à 40 000 volts pour la transmission, qui se fera par une ligne de 54 km. L'installation électrique est exécutée par la maison Oerlikon.

Pour desservir la ville de Bergamo (46 000 hab.) et ses charmants environs, on a réuni toutes les forces du voisinage : 2 000 ch à Clenezzo, sur le Brembo, à 7 km de Bergamo; 1 400 ch sur l'Adda : on n'a même pas dédaigné deux autres petites sources d'énergie qui ne fournissent pas plus de 200 ch à elles deux. La distribution aux sous-stations est faite en courant triphasé à 7000 volts.

Casale Monferrato (29 000 hab.) se trouve dans les mêmes conditions.

Je pourrais continuer ma revue, citant Padova, Bologna, Voghera, Alessandria, Mondovi, etc.

Cuneo aussi possède un document historique : une installation d'éclairage public avec lampes à incandescence montées en série, sur circuit alternatif à 2 000 volts aux bornes des générateurs.

A côté de ces installations de petites villes, nous en avons d'autres qui alimentent des groupes de bourgs et villages disséminés sur des espaces plus ou moins étendus. Une des plus importantes est celle de la Societa Ossolana.

La Centrale se trouve dans la vallée de l'Ovesa. Un petit barrage dérive les eaux de l'Ovesa et les envoie dans un canal qui n'a que 1,2 m² de section et qui arrive au bassin de mise en charge en longeant la vallée; l'eau descend de 264 m, en con-

duite forcée, formée par un seul tuyau, jusqu'au point où la pression atteint 10 atm; à partir de ce point, la conduite se divise en trois tuyaux de 550 mm. Pour éviter les coups de bélier, on a adopté le système de la décharge synchrone. La Centrale contient trois groupes formés par une roue Pelton de 1500 ch, construite par Riva Monneret et Cie, et par un alternateur Brown Boveri, 12000 volts à 417 tours.

Dans cette installation, les lignes sont sur supports en bois : une première distribution a été établie à la tension de 12000 volts pour Domodossola, Pallanza et Intra, avec à peu près 50 km de lignes; depuis, on y a adjoint une ligne à 25000 volts pour desservir Gravellona, Borgomanero et Arona, ligne dont la longueur est de 70 km environ.

Une autre installation de ce type assez intéressant est celle de l'Agonetta; sa caractéristique est un grand développement des lignes primaires : 85 km environ pour une puissance assez petite, 300 ch environ. L'installation a été construite, en 1893, pour courant monophasé, à 5000 volts; elle dessert vingt-trois localités différentes, parmi lesquelles : Saint-Nazzaro dei Borgundi (4800 hab.), Lomello (3300 hab.), Castel Nuovo Scrivia (7400 hab.), etc., dans lesquelles elle fournit l'énergie pendant les heures de jour pour force motrice et pendant la nuit pour l'éclairage.

A Cherasco, sur le Tanaro, il y a une installation de 2100 ch, construite par la Società Per Lo Sviluppo Delle Imprese Elettriche. Elle comprend trois groupes générateurs fournis entièrement par la maison Ganz de Budapest. Les courants sont générés à 11500 volts et sont lancés dans neuf localités différentes, dont quelques-unes très importantes, comme Cherasco (9600 hab.), Saluzzo (16000 hab.), Bra (16000 hab.), Savigliano (17500 hab.) et Racconigi (9500 hab.). Le développement des lignes est de 100 km environ.

Je citerai enfin l'installation de la Società Per Le Forze Idrauliche Dell' Alto Po, comme la seule d'une certaine importance que je connaisse sur le principal fleuve d'Italie; 750 ch que l'on distribue à Pinerolo et dans d'autres petites villes du Piémont.

Nous avons encore une catégorie d'installations dont on peut parler; ce sont celles qui appartiennent à des particuliers et qui desservent des fabriques, des ateliers, etc.

Une des plus intéressantes est celle de Gromo, remarquable

tant par sa chute de 318 m, que par sa particularité d'être la première installation mise en exploitation à 40 000 volts qu'on ait faite en Italie. La longueur de la ligne jusqu'à Nembro, où se trouve le tissage Crespi est de 30 km environ.

Dans la même vallée, le *Cotonificio della Val Seriana* a deux installations : l'une, dans la fabrique même, l'autre à 4 km de distance; il actionne, au moyen de ces forces, 67 000 broches et 1 150 métiers à tisser.

A Crespi sur l'Adda, les filatures Crespi emploient 2 000 ch.

A Vigevano, dans la plaine, la *Società Per La Filatura Dei Cascami Di Seta*, emprunte au canal Sella 800 ch que produisent deux petites stations placées à 11 km de la fabrique : la transmission est faite à 7 000 volts et l'installation électrique des salles de travail est tout à fait moderne.

Je pourrais en citer par douzaines : à Schio, le *Lanificio Rossi* ; à Melegnano, les *Filatures de lin Castellini* ; à Novara, la *Stamperia Italiana*, sur le canal Sella, 300 ch ; à Udine, le *Cotonificio Udinese* ; à Cormons, le *Cotonificio Italiano* ; à Salo, l'*Établissement pour la préparation des bois de Feltrinelli* et maintes autres grandes et petites.

Il reste enfin la catégorie des « petites forces » 100, 50, 20, 10 ch, installations qui n'ont aucune importance pour le gros capitaliste, mais qui sont très intéressantes, au contraire, pour celui qui étudie de près le mouvement industriel et sociologique d'un pays.

En effet, toutes ces utilisations de petites forces que la nature a dispersées dans les vallées, le long des ruisseaux ou que les hommes ont créées en construisant des canaux, peuvent se comparer au travail de la bonne ménagère qui ramasse les miettes et qui ne veut rien laisser perdre : c'est en un mot la partie la moins riche de la nation qui cherche de nouvelles ressources là où les gros capitalistes dédaignent d'arriver.

Et il y en a des centaines.

Dans un village de 5 000 habitants, un canal actionnait un moulin au moyen d'une grande roue hydraulique; on y a embrayé une dynamo, et la nuit on éclaire les rues. Combien de filatures de soies sont éclairées de cette manière !

Tel forgeron a un petit atelier avec un marteau-pilon ou un tour dans un village de montagne, au pied duquel un ruisseau tombe en cascades pittoresques; il fait sa petite transmission et

actionne ses machines à l'électricité et il donne aussi du courant pour l'éclairage.

Des scieries, des métiers à tisser, des barattes à beurre, des moulins à blé, à huile, à chaux, de petites fabriques de papier, des menuisiers des serruriers, utilisent ainsi tranquillement les forces de la nature : et ces braves gens vous montrent avec un sourire d'orgueil le petit moteur qui tourne dans un coin de la boutique et qui les a délivrés du travail lourd et brutal.

Ce n'est pas une tâche facile que celle de déterminer les caractères spéciaux des installations hydro-électriques italiennes; j'essaierai pourtant de le faire.

Le plus saillant de ces caractères est peut-être le cachet tout national de la science de l'hydraulique. Les utilisations très anciennes des eaux, soit pour l'irrigation, soit pour la navigation, ont fait naître, spécialement en Lombardie, une école d'hydrauliciens qui reconnaît Leonardo Da Vinci pour maître et qui compte dans ses annales les noms de Bertola de Novate, de Filippo da Modena, de Benedetto, de De Missaglia, de Giuseppe Meda, d'Arturo Rusca, de Paolo Frisi, de Tadini, de Mossotti, de Lombardini, de Turazza, de Brioschi.

Cette école n'a rien perdu de son antique renommée. Soit comme conception, soit comme exécution, les installations hydrauliques qu'on leur doit sont, en général, très réussies; et, sauf le cas de quelque projet présenté par des accapareurs qui cherchent à amadouer leurs clients au moyen de chiffres de fantaisie, ou de quelque barrage qui n'a pas su faire son devoir, on n'a eu à enregistrer que des insuccès insignifiants.

On ne trouve pas un caractère aussi nettement défini dans la partie électrique; c'est assez naturel dans un pays où les puissances étrangères, aussitôt qu'elles ont eu cessé la lutte séculaire pour la possession des territoires, l'ont reprise pour la fourniture électrique.

En effet, avant même que l'industrie nationale eût commencé à se développer, le champ était déjà envahi par les grandes maisons étrangères; il s'ensuit que les premières installations ont conservé leur caractère original. Pas autant, cependant, qu'on pourrait le croire, car un fort noyau d'ingénieurs électriciens italiens n'a pas tardé à se former qui tenaient à leur individualité, en bons Latins qu'ils étaient, et qui n'ont pas manqué, chacun de leur côté, de modifier à leur manière les devis des mai-

sons constructrices. A ce sujet, un directeur d'une maison allemande me disait : « En Italie, les affaires sont ennuyeuses, car chaque ingénieur veut appliquer ses propres idées ». Et franchement, j'ai pris la plainte pour un compliment. L'influence de toutes ces activités individuelles a déterminé un courant dont le caractère peut s'exprimer ainsi : le pays étant encore dépourvu de maisons importantes, on s'est attaché à glaner les bonnes choses qu'offrait chaque école étrangère.

Le caractère des installations tend donc à être éclectique. Si l'on considère les tableaux de la station du Brembo, et mieux encore ceux de la station d'arrivée et de réserve de Milan, c'est ce caractère qui frappe d'abord. En effet, dans ceux-ci, la structure cellulaire est américaine, les interrupteurs sont suisses, le schema est plutôt allemand qu'autre chose, mais l'ensemble ne se retrouve dans aucun autre pays du monde.

Maintenant, comme je l'ai déjà observé, on tend à se fixer dans des formes et des systèmes déterminés : d'autant plus que l'industrie de la construction électrique tend elle-même à se consolider.

La partie des installations où se révèle le plus l'originalité est celle des lignes, comme vous avez pu l'observer.

Les techniciens italiens ont appliqué à leurs lignes des conceptions d'ingénieurs ; ils se sont appliqués à en calculer les différentes parties dans le but spécial de n'employer que le minimum de matériel pour obtenir le maximum de résultats. C'est en suivant ce système qu'on a réussi à perfectionner les différents détails de la question et qu'on est arrivé aux formes modernes de lignes. Ces lignes sont caractérisées par l'emploi presque général des supports métalliques légers, par une disposition rationnelle des conducteurs et par des isolateurs de très grandes dimensions. Le tout est soigneusement calculé, de manière que ni les fils, ni les supports n'aient à surpasser la limite de sécurité. Elles sont en général conduites à travers les campagnes et le plus possible en ligne droite. Eh bien, chose incroyable à première vue, ces lignes coûtent moins que celles avec supports en bois.

Ceci dit en général, nous allons examiner quelques points principaux.

Dans la partie hydraulique des stations on trouve nécessairement presque autant de cas différents que de stations, et chacun

d'eux reçoit sa solution particulière. On peut constater pourtant des tendances, celle par exemple d'éviter autant que possible les turbines à axe vertical. A Vigevano, avec 2,25 m de chute on fait encore de l'axe horizontal. La Centrale de Trezzo fait exception, parce que l'emploi de l'axe vertical s'imposait comme solution plus convenable, étant données les conditions de situation de la Centrale même.

Au point de vue électrique c'est le triphasé qui domine : les installations à courant continu sont très rares et le système Thury en série a eu peu de succès. Le courant continu est partiellement employé pour la distribution dans les villes comme Milan, Turin, Gênes et Brescia.

On n'est pas malheureusement arrivé à unifier la valeur de la fréquence, ce qui n'eût pas été difficile, car les fréquences employées, à quelques exceptions près, sont de 42 et de 50, et la pratique a démontré que l'une vaut l'autre.

Quant aux tensions nous les trouvons dans les petites installations, de 2 000 à 5 000, dans les grandes de 11 000 à 25 000; puis dans l'installation du Cellina pour Venise et dans celle de la Spezia à 30 000 ; enfin, le Caffaro pour Brescia, le Brusio pour la Lombarda et le Gromo pour la Val Seriana à 40 000 volts.

Le technicien pratique ne manquera pas de demander : « Avec tout cela, combien coûte le cheval en Italie ».

C'est une des choses les plus difficiles à savoir. C'est un point sur lequel les Sociétés sont très réservées. Il n'est pas même facile de donner des moyennes. Si l'on considère en effet le coût d'établissement, on peut observer d'abord la grande différence qui existe entre les installations à faible et à forte chute, ensuite l'influence du débit qui est en jeu. Il est de règle d'admettre que les installations à fort débit et chute moyenne sont les plus économiques : mais ceci n'a rien d'absolu : ainsi des installations à forte chute peuvent être assez économiques, pas pourtant autant qu'on le croit en général. Les faibles chutes conduisent à des coût d'établissement assez élevés.

En faisant une grosse moyenne on peut évaluer le coût d'installation de la Centrale, machines comprises entre 6 00 et 1000 fr. par ch effectif installé.

Ces limites sont assez larges pour mettre sur le qui-vive vis-à-vis des calculs, trop sommaires, qu'on a souvent et malheureusement l'habitude de faire.

L'exploitation, y compris l'amortissement et l'intérêt du capital employé à 5 %, coûte en moyenne 12 à 15 % du prix d'établissement, ce qui revient à dire que le cheval produit peut coûter de 70 à 140 francs à la Centrale. Il faut ajouter de 10 à 20 francs pour les lignes, suivant la façon plus ou moins large avec laquelle on les construit, et de 30 à 60 francs si on fait la distribution par câbles souterrains (transformateurs compris).

Evidemment ces chiffres n'en disent pas beaucoup. Ces indications sont trop vagues et relativement incertaines.

Les prix de vente seront plus intéressants.

Occupons nous de la force : à Milan, on vend le Kwh pour force motrice seulement, distribué en ville, par câbles souterrains, à des prix variant de 39 centimes maximum à 9 centimes minimum, pour un usage de 1 000 heures par an : ces prix tombent beaucoup plus bas pour des durées d'utilisation plus grandes : ainsi pour des grosses puissances et 6 000 heures par an on arrive au prix de 4 1/2 c par Kwh.

A Gênes, on vend à forfait le ch à des prix variant de 300 à 200 francs par an pour 12 heures, et de 400 à 270 francs pour 24 heures.

A Casale Monferrato, les prix pour les 24 heures varient entre 230 et 300 francs.

A l'Agonetta, le prix du cheval-an varie entre 300 francs pour 1 ch et 150 francs pour 40 ch.

La Société Ossalana vend 1 000 ch, pris à l'usine 90 francs le ch, et distribués 124 francs en moyenne.

A Venise, où le service est fait par la Société du Cellina avec un réseau municipal, le prix varie pour des petites puissances de 225 à 350 francs.

Dans la zone occupée par la Società Monzese, le ch est vendu de 150 francs à 400 francs, avec un prix moyen de 240 francs.

A Turin, le tarif est de 200 francs par cheval-an, à raison de 12 heures par jour, pour des puissances supérieures à 50 ch ; il s'élève jusqu'à 300 francs pour les petites puissances.

La prix le plus bas est, je crois, celui du cheval de la Società Lombarda, qui coûte en moyenne 145 francs, avec un minimum de 117 francs et un maximum de 220 francs par an et pour 24 heures.

Mais si l'on veut comparer ces prix entre eux, il faut tenir compte des différentes conditions. A Turin, par exemple, l'éner-

gie est donnée à 150 volts chez le consommateur ; cela implique une distribution complète faite, avec des câbles aériens et souterrains ; la Società Lombarda, au contraire, vend à la cabine de transformation : elle n'a à tenir compte que des lignes primaires aériennes et n'a donc presque pas de frais de distribution.

Une moyenne très approximative donnerait environ, comme prix de vente du cheval-an en Italie 225 francs. Notons qu'avec ces prix, la demande est très active, ce qui rend un peu sceptique au sujet des affirmations de ceux qui prétendent que le cheval produit par la vapeur ne coûte pas plus de 150 francs par an.

A quel chiffre peut-on évaluer la puissance tirée des chutes d'eau dans la haute Italie ? Les statistiques ne nous aident guère malheureusement, car elles sont pitoyablement arriérées. En 1898, lorsque la Centrale de Paderno entrait à peine en exploitation, on donnait comme puissance totale des installations hydroélectriques dans la Haute-Italie 48 000 ch. En y ajoutant les installations que je connais et dont j'ai les données, c'est-à-dire les principales, j'arriverais pour aujourd'hui au chiffre de 150 000 ch environ. En six ans l'augmentation aurait donc été de 100 000 ch, soit 17 000 ch environ par an, ce qui est remarquable pour une région qui ne mesure pas 800 000 kilomètres carrés.

J'ai essayé de me faire une idée de la distribution de ces forces pour savoir si elles ont été généralement destinées à de nouvelles industries ou simplement à remplacer des machines à vapeur existantes. Je trouve que les deux causes coexistent.

Dans la zone de la Società Lombarda, quelque chose comme 12 000 ch de machines à vapeur ont été mis au repos, sur une distribution totale de 20 000 ch environ.

D'autre part, telle fabrique qui employait 500 ch vapeur, en emploie aujourd'hui 1 000 avec moteurs électriques. Telle autre a bâti une succursale dans un emplacement où les transports sont plus favorables, et elle marche à l'électricité.

A Milan au moins 5 000 ch de machines à vapeur ont été remplacés par des moteurs électriques ; dans plusieurs fabriques les moteurs à vapeur ont même été vendus.

Dans les régions où la force est à très bon marché, de nouvelles industries ont prospéré.

Avec tout ce mouvement il est curieux de voir la marche de l'importation du charbon ; en voici les données :

1898	Charbon importé	: 4 426 524	tonnes.
1902	— —	: 5 406 069	—
1903	— —	: 5 546 828	—
1904	— —	: 5 904 578	—

Logiquement c'est à une diminution qu'on aurait dû s'attendre : au contraire c'est une augmentation qui s'est manifestée, et celle de l'année dernière est particulièrement remarquable : 358 000 tonnes de charbon peuvent représenter environ 50 000 ch.

Nous nous trouvons donc en présence d'un véritable développement industriel, et c'est en grande partie à une large utilisation des forces hydrauliques qu'il faut sans aucun doute l'attribuer.

Les industries nouvelles qui ont été créées dans ces derniers temps, sont de nature bien diverse. Beaucoup de filatures et tissages de soie, de coton, de laine, de lin ; des industries mécaniques de tous genres ; des fabriques de meubles ; de grandes installations chimiques pour la production de la soude, du carbure, des composés de l'azote, etc.

Naturellement ce sont les industries directement intéressées dans l'utilisation des forces hydrauliques qui ont eu le développement le plus remarquable.

Aujourd'hui, il est rare que l'on doive acheter une turbine qui n'ait pas été construite dans le pays. Les maisons principales, comme celle de Riva Monneret et Cº de Milan et Calzoni de Bologna arrivent même à exporter : on trouve près du Niagara des turbines de 5 000 ch construites à Milan.

On a fait de grands progrès aussi dans la construction électrique, et le matériel qui sort des ateliers réunis Gadda, Brioschi et Finzi, et de la Società Elettrotecnica, peut soutenir la comparaison avec celui des meilleures maisons étrangères.

Lorsque l'on parle de mines de charbon, il arrive souvent que l'on se demande « combien de temps elles pourront encore durer ? » C'est une préoccupation que l'on n'a pas avec les forces hydrauliques ; on peut demander plutôt « quelles puissances restent encore à utiliser ».

Si l'on tient compte de tous les projets, de tous les devis qui se font journellement, il faut en déduire qu'il y en a encore beaucoup. Je ne suivrai pas les hyperboliques fantaisies d'un de mes collègues qui est arrivé, pour l'Italie péninsulaire, à 20 millions de ch en intégrant les débits de toutes les rivières de leurs

sources jusqu'à la mer ; mais il doit certainement y avoir encore de nombreuses sources d'énergie assez faciles à utiliser, étant donnés les moyens actuels de l'électrotechnique.

Il est clair que les forces les plus rémunératrices sont désormais toutes utilisées ; les forces nouvelles seront graduellement plus coûteuses, mais on ne doit pas oublier que des transmissions d'énergie qui étaient économiquement inabordables il y a cinq ans, peuvent être établies aujourd'hui avec profit.

D'autre part il faut aussi rappeler que l'Etat s'est réservé un grand nombre de droits d'eau, afin de pouvoir éventuellement appliquer la traction électrique aux chemins de fer, et que ces droits ne représentent pas moins de 300 000 ch.

Il y a donc encore lieu à un très considérable développement.

Et ce n'est pas seulement aux industries manufacturières et alimentaires qu'on peut destiner les chutes d'eau. L'Italie est un pays agricole par excellence et jusqu'à présent on a fait très peu dans les applications mécaniques à la culture des terres. Il y a là un champ très étendu d'applications. Je ne crois donc pas exagérer en prévoyant d'ici à peu d'années en Italie une application complète des forces hydrauliques aux besoins de l'homme.

Ce sera l'énergie électrique qui, séparant l'azote de l'air, donnera la base des engrais pour la culture des champs ; elle, qui élèvera les eaux pour les arroser ; elle, qui se substituera à à la force manuelle de l'agriculteur ; ce sera encore l'énergie électrique qui travaillera les produits du sol pour les transformer en formes utilisables ; elle, qui servira à distribuer les produits travaillés dans les centres de consommation.

C'est donc un tableau optimiste de l'avenir économique de mon pays que je me crois autorisé à présenter à vos yeux.

Autrefois, chaque peuple craignait le voisinage des forts et des riches ; aujourd'hui, les choses sont bien changées ; chaque peuple comprend que sa propre grandeur ne peut subsister qu'au prix de la prospérité des peuples voisins. C'est en m'inspirant de ces sentiments, fruits des conquêtes de l'esprit moderne, que je me suis permis de vous exposer ce qui précède, sûr que la nouvelle marche industrielle de votre jeune sœur latine fera naître dans vos âmes généreuses un vif sentiment de sincère complaisance.

LES APPLICATIONS

DE LA

VAPEUR SURCHAUFFÉE

AUX MACHINES

PAR

M. Ch. COMPÈRE

DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

Rôle de la surchauffe.

La section de mécanique de la Société m'a demandé une communication sur les applications de la vapeur surchauffée aux machines à vapeur ; j'avoue qu'il me semblait que la question fût épuisée et qu'il n'y avait plus qu'à employer judicieusement ce moyen d'améliorer la consommation des machines. Je dis judicieusement, car toute la question est là ; le principe de la surchauffe n'est plus à discuter ; les remarquables travaux de Hirn et de ses collaborateurs, les études et les notes de MM. Boulvin, Vinçotte, Witz, Sinigaglia, Abraham, Vanderstegen, Baudouin, (1) etc., ont montré l'économie que doit en principe apporter la surchauffe; mais si cette économie n'a pas toujours été constatée, c'est que la mise au point dans les applications n'a pas toujours été bien étudiée.

Les essais que j'ai été amené à suivre m'ont permis de préciser cette mise au point, et ce sont les résultats de mes observations, dans cet ordre d'idées, que je crois utile de présenter en les faisant suivre des conclusions nécessaires.

(1) M. Boulvin : Congrès de l'Association technique maritime en 1902.
M. Vinçotte : Congrès des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, 1901.
M. Witz : *Revue générale des sciences pures et appliquées en* 1896. — *Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France*, 1903.
M. Sinigaglia : *Revue de mécanique*, 1897-1898.
M. Abraham : *Annales des Mines*, 1901.
M. Vanderstegen : *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand*, 1903.
M. Baudouin : *Le mois scientifique et industriel*, 1904.
M. Schmidt : *Bulletin de la Société industrielle d'Amiens*, 1903.

Il faut rappeler tout d'abord la conclusion suivante de M. Boulvin dans le travail qu'il a présenté à l'Association technique maritime en 1902 : « On sait que la surchauffe n'améliore que dans une mesure très faible le cycle de la machine à vapeur ; l'amélioration du cycle pratique ou réel est généralement beaucoup plus prononcée ; elle tient, comme Hirn l'avait fait remarquer, à une diminution des phénomènes parasites qu'il a mis en lumière si complètement, et elle tient uniquement à cette diminution dans tous les cas où la surchauffe initiale n'est pas assez prononcée pour persister dans le cylindre jusqu'au commencement de la détente ».

Ces phénomènes parasites sont les condensations de vapeur à l'intérieur du cylindre, condensations qui se font en pure perte ; c'est par la réduction de ces condensations avec la surchauffe que l'on arrive aux résultats économiques que j'ai fait ressortir dans la communication que j'ai présentée à la Société des Ingénieurs Civils en 1902, sur les chaudières et les machines à l'Exposition de Dusseldorf ; cette exposition, dans une contrée où la surchauffe paraît plus répandue que dans notre pays, était en effet un bon champ d'études sur la question.

Dans une note, après avoir parlé des diverses catégories de surchauffeurs, d'abord des surchauffeurs chauffés par les gaz mêmes de la chaudière, soit ajoutés aux chaudières ordinaires, soit en en faisant partie comme dans les chaudières multitubulaires, puis des surchauffeurs à foyer indépendant, j'ai présenté les résultats d'essais nombreux faits sur des machines de types très variés ; le chiffre le plus faible qui ait été atteint à été de 4,49 kg de vapeur pour une machine de 300 ch marchant à vapeur surchauffée à 300 degrés.

Ces brillants résultats sont loin d'être toujours obtenus, et c'est à en rechercher les causes que je me suis attaché dans ce travail.

Principes essentiels des applications de vapeur surchauffée.

Tout d'abord, il ne faut pas oublier que la machine à vapeur, telle que l'a conçue Watt, comprend, non seulement la machine, mais la chaudière ; c'est le rapide développement de la machine à vapeur qui a amené à avoir, d'une part le constructeur de machines, d'autre part le constructeur de chaudières ; avec les

surchauffeurs, ces deux éléments distincts doivent être réunis pour constituer un tout complet, comme l'est dans un moteur à gaz le gazogène et le moteur à gaz lui-même ; c'est souvent ce défaut de liaison entre les trois éléments de la machine à vapeur surchauffée qui amène des insuccès ; le constructeur de la chaudière, si elle comporte un surchauffeur, ne peut garantir que la température à la sortie du surchauffeur ; la garantie est de même nature si le surchauffeur est ajouté par un constructeur spécial à la suite de la chaudière ; mais déjà la situation se complique de la présence de deux constructeurs indépendants ; d'autre part, les constructeurs de machines garantissent la consommation avec une certaine température de surchauffe à l'arrivée au cylindre sans s'occuper de la chaudière et du surchauffeur ; enfin, on intercale entre les deux éléments de la machine à vapeur la conduite le long de laquelle la vapeur perd de sa surchauffe ; cette conduite peut être plus ou moins longue, plus ou moins bien entourée et la perte entre la température de sortie à la chaudière et celle de l'arrivée à la machine peut être beaucoup plus grande qu'on pouvait le supposer. Du défaut de liaison entre ces différents organes peuvent résulter des difficultés et des insuccès.

J'insiste donc sur ce point ; toute installation de machine à vapeur surchauffée doit être étudiée dans son ensemble : chaudière, surchauffeur, machine et conduite pour faire du tout un bloc aussi économique que possible.

Résultats obtenus.

Ces principes essentiels étant posés, on peut se demander pourquoi la surchauffe est plus répandue à l'étranger qu'en France. Comme je l'ai dit bien des fois, cela tient à ce qu'à l'étranger, on s'est emparé de la surchauffe pour corriger des machines qui étaient moins économiques que nos machines françaises. En effet, les machines étrangères sont plutôt du type à soupapes, alors qu'en France, elles sont du système Corliss ; or, comme je l'ai dit en 1902, la soupape est un organe moins économique que le tiroir Corliss ; elle laisse à l'espace mort un volume et surtout une surface plus grande ; les condensations initiales à l'admission dans le cylindre sont plus importantes, et ce sont ces condensations parasites sur lesquelles la surchauffe agit tout spécialement.

Ce sont ces mêmes remarques que M. Vanderstegen a fait ressortir dans le travail si intéressant « *Les Machines à vapeur surchauffée* » qu'il a publié à l'occasion des essais entrepris dans les ateliers Van den Kerkhove sur une machine à pistons valves; ces essais ont été faits concurremment par M. Vinçotte, de Bruxelles, et M. le professeur Shroter, de Munich.

Malgré cette constatation, ce ne serait pas une raison pour ne pas appliquer la surchauffe aux machines Corliss. D'ailleurs, comme je l'ai dit également, la surchauffe appliquée tout d'abord en Alsace, après les remarquables travaux de Hirn, l'a été sur des machines anciennes pour améliorer leur consommation; ce n'est qu'ensuite qu'elle a été appliquée aux machines neuves, pour chercher à l'emporter dans le record de consommation de la machine à vapeur.

Pour détenir ce record, il faut, avant d'étudier la diminution de consommation par la surchauffe, rechercher à rendre cette consommation aussi faible que possible en vapeur saturée ; il faut que le cylindre soit étudié pour que les phénomènes parasites de condensation y soient aussi faibles que possibles; le volume des espaces morts et leur surface doivent être réduits au minimum.

Ce n'est qu'après une telle étude que la surchauffe d'une part et les expansions doubles et triples d'autre part viendront encore diminuer la consommation ; si l'on ne se place pas à ce point de vue, on ne verra dans ces correctifs que des moyens d'atténuer une consommation trop forte sans profit pour l'étude générale de la machine à vapeur qui a tant à redouter du moteur à gaz sur le terrain de la consommation de charbon.

C'est pour répondre à cette préoccupation que je présenterai d'abord une série d'essais faits en 1904 dans les ateliers de la maison Weyher et Richemond, à Pantin, sur une machine Corliss ayant marché à diverses charges, soit à vapeur saturée, soit à vapeur surchauffée à différentes températures.

Essais d'une machine Weyher et Richemond à vapeur surchauffée.

La machine essayée est du type Corliss à distribution par enclanchement forcé; cet enclanchement forcé se produit par un mouvement horizontal d'excentrique donné à la commande de

l'obturateur, ce qui permet de marcher à un plus grand nombre de tours. Dans le type essayé, la vitesse normale est de 115 tours à la minute.

Ses dimensions sont les suivantes :

Diamètre...........	420mm
Course.......	900mm
Force nominale.....	140 ch indiqués.

La machine installée dans l'atelier d'essais de la maison Weyher et Richemond était alimentée par une chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs de 80 mètres carrés.

Sous cette chaudière a été installé un surchauffeur Schwœrer.

Pour comparer les résultats obtenus avec et sans surchauffe, la machine pouvait être alimentée soit par une autre chaudière non pourvue de surchauffeur et du type à foyer amovible concentrique, soit par la chaudière semi-tubulaire dont on masquait le surchauffeur par un dallage supérieur ; mais cette dernière opération, pour la série d'essais sans surchauffe, étant assez compliquée, la vapeur a été fournie presque exclusivement par la chaudière à foyer intérieur.

Le surchauffeur était d'ailleurs monté depuis un an dans la chaudière semi-tubulaire pour des essais sur un autre type de machine, de sorte que, pour les essais de la nouvelle machine, on ne put pas employer facilement cette chaudière à produire la vapeur saturée.

La machine était chargée par un frein à circulation d'eau en usage courant dans les essais de la maison Weyher et Richemond. La consommation a été mesurée par l'alimentation dans la chaudière d'essai, suivant le jaugeage ordinaire, dans des bacs spéciaux.

Toutes les précautions habituelles pour de tels essais ont été prises ; je n'insisterai pas autrement sur ce point.

Nous avons suivi complètement nous-mêmes les essais des 13, 26, 27, 29 avril, pour constater la consommation de la machine à vapeur surchauffée dans les conditions suivantes :

Le 13 avril, à charge normale, après nettoyage du surchauffeur, la température de la vapeur surchauffée n'était que de 243,2 degrés, alors qu'avant le nettoyage du surchauffeur elle variait de 260 à 270 degrés ; la maison Weyher et Richemond installa alors sous le surchauffeur un dallage de 12 à 15 centi-

mètres, dans le but de concentrer la chaleur et d'empêcher les gaz de s'épanouir dans le carneau au-dessous des bouilleurs.

Les essais suivants ont été faits à la charge normale :

26 avril..........	122 ch effectifs	115 tours
27 avril..........	122 —	90 tours
29 avril..........	122 —	70 tours

Nous complétons le compte rendu de nos essais par la communication de ceux faits par la maison Weyher et Richemond elle-même.

Tous ces essais ont été faits à une pression de marche de 7 kg, sauf ceux en vapeur saturée qui l'ont été à 6 kg ; des corrections ont été faites alors pour amener les résultats à ce qu'ils auraient été à 7 kg, de façon à rendre les chiffres comparables.

Deux séries d'essais ont été entreprises : la première, avec le cylindre ordinaire de la machine, c'est-à-dire avec un cylindre à enveloppe ; cette enveloppe est traversée par la vapeur entrant dans le cylindre. Quand on marche à vapeur surchauffée, la vapeur perd évidemment de sa surchauffe en passant ainsi par l'enveloppe.

La maison Weyher et Richemond n'hésita pas alors à fondre un deuxième cylindre sans enveloppe ; c'est avec ce deuxième cylindre qu'a été faite la seconde série d'essais.

Avec une enveloppe indépendante, les essais comparatifs avec et sans enveloppe n'auraient pas entraîné cette dépense d'un second cylindre.

Tous ces essais ont été accompagnés de la pesée du charbon consommé.

L'ensemble de ces expériences est consigné dans le tableau ci-joint. De cette longue série d'essais résultent des conclusions fort instructives. Je ne parlerai d'abord que des chiffres obtenus en travail indiqué.

Essais en charge normale.

Pour ces essais, l'admission a été en moyenne 9,5 à 10 0/0.

1° En vapeur saturée, la consommation de vapeur a été de 6 kg,85 à une pression de marche de 6 kg, soit 6,65 kg à la pression corrigée de 7 kg (moyenne des essais 1, 2, 3, 4, 5) ; ce chiffre est très faible pour une machine monocylindrique de 140 ch indiqués seulement.

NUMÉROS DES ESSAIS	DATE de L'ESSAI	DURÉE	CONDENSATION Eau d'injection chaude 28 à 30 degrés environ (Réfrigérant) ou froide (puits)	CHAUDIÈRE EMPLOYÉE : C. C. Chaudière concentrique à foyer intérieur ST. Semi-tubulaire	PRESSION de LA VAPEUR		VIDE	VAPEUR saturée ou surchauffée	TEMPÉRATURE de LA VAPEUR		NATURE du CHARBON
					Chaudière	Machine			Chaudière	Machine	
		h. m.			kg	kg			degrés	degrés	
	Essai à la pression de 6 kilogrammes										
	1903										
1	5 nov. A	4 27	Eau froide.	C. C.	6,556	6,066	65,92	Saturée.			Briquette.
2	5 — B	2 20	Eau chaude.	C. C.	6,666	6,057	62,43	—			—
3	7 —	3 36	—	C. C.	6,533	6,033	62,40	—			Charbon.
4	10 —	4 8	Eau froide.	C. C. ST.	6,544	6,044	64,70	—			Briquette.
5	17 —	8 12	Eau chaude.	—	6,540	6,040	62,20	—			—
6	6 — A	6 45	Eau froide.	C. C.	6,615	6,130	67,08	—			—
7	6 — B	4 »	—	C. C.	6,587	6,142	67,06	—			—
	Modification du condenseur. — Installation de la commande rigide des appareils à diagrammes.										
8	2 déc.	7 56	Eau chaude.	C. C. ST.	6,409	6,000	66,00	Saturée.			Briquette.
9	3 —	7 49	—	ST.	6,465	5,987	67,00	—			—
10	5 —	7 9	— (28°)	C. C. ST.	6,354	5,880	64,70	—			—
	Nettoyage de la chaudière concentrique après 97 jours de marche, et de la semi-tubulaire après 48 jours										
	Essai à la pression de 7 kilogrammes										
	1904										
11	8 janv.	6 57	Eau chaude.	ST.	7,48	7,00	66,70	Surchauffée.	295	261	Charbon.
12	9 —	5 1	—	ST.	7,53	7,04	67,60	—	271	241	Briquette.
13	11 —	8 1	—	ST.	7,56	7,10	67,10	—	281	250	—
14	19 —	8 2	—	ST.	7,50	7,00	67,80	—	282	251	—
15	20 —	8 2	—	ST.	7,60	7,10	68,70	—	290	260	—
	Essai à la pression de 7 kilogrammes										
	1904										
16	12 mars.	7 6	Eau chaude.	ST.	7,383	6,925	66,70	Surchauffée.		273	Briquette.
17	14 —	7 58	—	ST.	7,381	6,900	65,80	—		268	—
18	26 —	8 3	—	ST.	7,462	6,990	66,50	—	281	262	—
19	21 —	8 3	—	ST.	7,446	6,953	65,70	—	289	273	—
20	29 —	7 56	—	ST.	7,425	6,993	65,40	—	288	272	Briquette puis Charbon
21	22 —	7 59	—	ST.	7,537	6,887	68,07	—	263,6	241,8	Briquette.
	Nettoyage du surchauffeur.										
22	13 avril.	8 »	Eau chaude.	ST.	7,517	7,079	64,2	Surchauffée.	259,2	243,2	Briquette.
	Mis un dallage à 12 ou 15cm sous le surchauffeur.										
23	16 avril.	8 6	Eau chaude.	ST.	7,462	7,062	64,30	Surchauffée.	268	250	Briquette.
24	23 —	8 »	—	ST.	7,628	7,153	65,80	—	277	258	—
25	26 —	8 1	— •	ST.	7,685	7,200	67,40	—	276	258	—
26	21 —	9 57	—	ST.	7,432	6,946	66,20	—	281	265	Charbon Bruay.
27	22 —	7 34	—	ST.	7,566	7,080	66,60	—	287	269	Briquette.
28	29 —	8 »	— •	ST.	7,703	7,231	67,80	—	281	266	—
29	25 —	7 55	—	ST.	7,537	7,071	65,70	—	279	262	—
30	27 —	7 57	— •	ST.	7,665	7,185	67,80	—	280	263	—
31	28 —	8 8	— •	ST.	7,659	7,175	68,10	—	284	267	—
	Enlevé les enveloppes en tôle du cylindre et du tuyau entre le cylindre et le robinet de prise de vapeur										
32	3 mai.	8 »	Eau chaude. •	ST.	7,689	7,265	68,00	Surchauffée.	270	252	Charbon, grains bre.

TRAVAIL INDIQUÉ	CONSOMMATION par cheval indiqué — Vapeur	CONSOMMATION par cheval indiqué — Charbon	TRAVAIL EFFECTIF	RENDEMENT	CONSOMMATION par cheval effectif — Vapeur	CONSOMMATION par cheval effectif — Charbon	OBSERVATIONS	ÉQUIVALENCE À PRESSION 7 KILOGR. des CONSOMMATIONS À 6 KILOGR. — VAPEUR SÈCHE par cheval — Effectif	VAPEUR SÈCHE par cheval — Indiqué	CHARBON BRUT par cheval — Effectif	CHARBON BRUT par cheval — Indiqué
	kg	kg			kg	kg		kg	kg	kg	kg
Premier cylindre avec enveloppe de vapeur.											
142,5	6,86	0,85	126	88,1	7,8	0,963	Pendant ces essais, le cylindre	7,56	6,66	0,934	0,825
141	6,85	0,852	126	89,5	7,60	0,955	n'était pas encore enveloppé de	7,46	6,65	0,926	0,827
143,7	6,91	0,905	126	87,5	7,88	1,033	calorifuge. Il n'avait que son	7,65	6,71	1,000	0,878
142,8	6,76	0,918	126	88,0	7,67	1,040	enveloppe en tôle.	7,46	6,56	1,011	0,892
141,5	6,85	1,01	126	88,6	7,71	1,136	1re disposition du condenseur.	7,49	8,65	1,102	0,98
140,5	6,84	0,89	100	90,6	7,55	0,920		7,35	6,64	0,953	0,834
140,5	6,88	0,884	100	90,6	7,55	0,974		7,40	6,68	0,936	0,858
142,5	6,67	1,025	126	88,1	7,57	1,162	Cylindre garni de calorifuge	7,36	6,47	1,130	0,993
87,3	6,55	1,152	77	88,6	7,38	1.302	sous l'enveloppe en tôle.	7,17	6,36	1,262	1,119
131	7,74	1,09	139	92,1	8,40	1,182		8,15	7,52	1,150	1,058
e marche.											
Premier cylindre avec enveloppe de vapeur.											
143,7	5,76		126	87,5	6,58						
143,5	6,34	0,882	126	87,6	7,22	1,000					
144,2	6.07	0,868	126	87,1	6,95	0,996					
142	6,10	0,903	126	88,6	6,90	1,022					
141,9	5,97	0,902	126	88,7	6,64	1,020					
Deuxième cylindre sans enveloppe de vapeur.											
148,5	5,37	0,778	126	84,6	6,33	0,918	Le 1er essai a été fait après				
150,1	5,43	0,76	126	83,5	6,50	0,909	10 heures de marche, seulement,				
152,8	5,5	0,813	126	83,5	6,63	0,986	du cylindre neuf.				
143	5,95	0,835	126	88,0	6,77	0,948					
135,5	6,16		126	90,6	6,78						
90	6,52	0,932	77	85,6	7,61	1,080					
146,5	5,97	0,794	126	85,6	6,95	0,925					
144	5,97	0,828	126	87,2	6,85	0,948	* On a mélangé un peu d'eau				
146	5,72	0,832	126	86,2	6,63	0,965	froide à l'eau chaude du réfri-				
143,3*	5,83	0,868	126	87,6	6,64	0,989	gérant.				
137,5	6,28	1,032	126	91,3	8,60	1,131					
135	6,37	1,00	126	93,3	8,78	1,070					
135,5	6,35	0,912	126	92,7	6.83	0,983					
141	6,05	0,94	126	89,2	6,78	1,062					
139	6,06	0,912	126	90,5	6,70	1,012					
138,8	5,98	0,886	126	90,6	6,60	0,978					
[illegible]	5,95	0,895	126	88,4	6,76	1,016					

2° Avec une température de vapeur surchauffée à 260 degrés environ, la consommation s'est abaissée en moyenne à

5,865 kg pour le cylindre à enveloppe (essais 11 et 15)
et 5,680 kg pour le cylindre sans enveloppe (essais 18, 24, 25)

soit respectivement une économie de 11,82 0/0 avec cylindre à enveloppe, et 14,59 0/0 avec cylindre sans enveloppe.

3° Dans les essais avec cylindre à enveloppe (11, 12, 13, 14, 15), la température de la vapeur s'abaissant de 261 à 241 degrés, la consommation s'est élevée de 5,76 à 6,34 ; ces résultats vérifient ceux déjà bien connus de l'augmentation de l'économie avec l'élévation du degré de surchauffe. Ces faits sont moins accusés avec le cylindre sans enveloppe quand la température de la vapeur s'est élevée à

268 degrés (essai 17) Consommation 5,43 kg
273 degrés (essai 16) Consommation 5,37 kg

ou quand elle s'est abaissée à

250 degrés (essai 23) Consommation 5,97 kg,
243 degrés (essai 22) Consommation 5,97 kg

4° Quand on établit la comparaison en consommation de charbon, on relève en vapeur saturée une consommation par cheval de 0,843 kg ; nous n'avons pris ici que les essais 1, 2 et 3, car pour les essais 4 et 5 la vapeur avait été produite à la fois par la chaudière semi-tubulaire et la chaudière à foyer intérieur concentrique; pour ces deux essais, la consommation s'est élevée à 0,936 kg.

La consommation en vapeur surchauffée à 260 degrés environ a été ;

Avec cylindre à enveloppe de 0,902 kg (essai n° 15)
Avec cylindre sans enveloppe 0,838 kg (essais 18, 24 et 25)

Ces chiffres ne sont pas très comparables, les chaudières en feu pendant les deux séries d'essais n'étant pas les mêmes; toutefois, un point capital à faire ressortir est qu'à cause du meilleur rendement de la chaudière à foyer intérieur concentrique, 8,76 kg au lieu de 6,48 kg, la consommation par cheval en vapeur saturée, avec ce type de générateur, a été plus faible, 0,843 kg, que celle en vapeur surchauffée à enveloppe, 0,902 kg, quand la chaudière en fonction était la semi-tubulaire; elle a été à peu près la même que celle, 0,838 kg, en vapeur surchauffée sans

enveloppe au cylindre. Dans des cas, comme celui actuel, la conclusion serait qu'avant de compliquer une installation par l'addition d'un surchauffeur, il faut d'abord choisir un type de chaudière de bon rendement.

Essais en charge normale, mais a nombre de tours plus faible, 70.

Pour cette série, l'admission de vapeur a été plus forte; elle est passée à 19 0/0.

En vapeur saturée (essai n° 10), la consommation a été de 7,74 kg en vapeur et 1,09 kg en charbon, la vapeur étant produite par les deux chaudières.

En vapeur surchauffée, de 265 à 273 degrés (essais 19, 20, 26, 27, 28), la consommation s'est abaissée, avec cylindre sans enveloppe, à

6,22 kg en vapeur, soit une économie de 9,64 0/0
0,945 kg en charbon, soit une économie de 4,13 0/0 seulement.

La plus faible économie en charbon tient, comme je l'ai dit ci-dessus, au rendement plus élevé des chaudières dans l'essai n° 10, 7,78 kg au lieu de 6,62 kg seulement en moyenne dans les essais en vapeur surchauffée.

Essais en charge réduite et a nombre de tours réduit également, 90.

Vapeur saturée (essais 6 et 7) 110,5 kg. Consommation : 6,86 kg de vapeur et 0,87 kg de charbon avec chaudière à foyer concentrique.

Vapeur surchauffée sans enveloppe, 262 degrés à 267 degrés (essais 29, 30, 31) 139,6 ch; admission 14 0/0. Consommation : 6,03 kg en vapeur et 0,913 kg en charbon. Ici encore, en charbon, la consommation est plus élevée en vapeur surchauffée.

Essais en charge plus réduite et nombre de tours, 70.

Vapeur saturée (essai n° 9) 87,3 ch. Consommation : vapeur 6,65 kg; charbon 1,152 kg avec chaudière semi-tubulaire. — Vapeur surchauffée sans enveloppe 241,8 degrés (essai 21) 90 ch. Consommation : vapeur 6,52 kg, charbon 0,932 kg.

Ici, l'économie a été plus grande en charbon et la consommation a été à peu près la même en vapeur ; il est vrai que la chaudière étant peu poussée, la surchauffe a été faible : la tempéra-

ture n'atteint que 241,8 degrés. Le surchauffeur Schwœrer, monté dans les carneaux, suit en effet les variations de production de la chaudière.

D'ailleurs l'essai n° 9, sans surchauffe, est le seul dans lequel la vapeur ait été produite uniquement par la chaudière semi-tubulaire avec blocage de surchauffeur ; le rendement 6,722 kg paraît trop faible et doit être le fait d'une erreur d'essai.

Un dernier essai a été fait le 3 mai dans les conditions suivantes :

Nous avons remarqué, par des trous percés sur la tôle protectrice du fond arrière, que le calorifuge placé entre cette tôle et le cylindre était moins chaud que l'enveloppe extérieure elle-même ; il semblait que l'enveloppe métallique extérieure devait augmenter la perte par rayonnement du cylindre ; cette enveloppe métallique a été alors démontée. C'est dans ces conditions qu'a été fait l'essai du 3 mai ; il n'a pas semblé qu'une économie ait été réalisée de ce fait.

Le tableau contient la température de la vapeur surchauffée à sa sortie du surchauffeur ; la perte par la conduite est en moyenne de 16 à 18 degrés. La machine était près de la chaudière et la conduite, formée de tronçons de 100, 136 et 140mm de diamètre, avait 15 mètres de longueur ; elle était bien entourée. aussi bien sur les brides que sur la conduite elle-même. Sa surface est de 5,76 m².

La perte par mètre carré ressort à 3 degrés environ.

Les relevés de température pendant chaque essai ont montré que la surchauffe, aussi bien à la machine qu'au surchauffeur, s'élevait au fur et à mesure que l'essai avançait.

Un autre point très important à faire ressortir est que cette machine a marché jusqu'à des températures de surchauffe de 273 degrés sans aucun inconvénient ; la distribution Corliss a parfaitement bien supporté cette température ; la machine a marché environ 50 jours, pendant ces divers essais ; mais des dispositions spéciales ont été prises par les constructeurs pour assurer efficacement le graissage des obturateurs.

En résumé, ces essais ont mis en évidence la consommation très faible de la machine marchant à vapeur saturée à enveloppe : 6,65 ; cette machine n'est pourtant que de 140 ch et elle n'est qu'à un seul cylindre ; avec une telle machine et une chaudière de bon rendement, comme celles à foyer intérieur concentrique, on arrive à une consommation, en charbon, de 0,843 kg, vrai-

ment très faible, qui peut encore être réduite certainement par la surchauffe ; c''est ainsi qu'on a atteint 5,68 kg de vapeur avec surchauffe à 260 degrés, et 5,37 kg avec surchauffe à 273 degrés.

Après ces essais importants entrepris par la maison Weyher et Richemond, je résumerai des essais que nous avons faits sur diverses installations et pour lesquelles j'ai tiré chaque fois les conclusions spéciales fournies par l'essai lui-même.

Essais divers de machines à vapeur surchauffée.

Machines a condensation.

Essai n° 1. — 6 et 7 mai 1904.

L'installation comprenait :

1° Une machine construite par la maison Dujardin et Cie, compound, à enveloppes de vapeur au petit cylindre, au grand et au receiver, à distribution par pistons-valves et à condensation.

Sa puissance est de 750 ch indiqués à 88 tours, 8 kg au cylindre et une admission de 1/15.

2° Cinq chaudières semi-tubulaires à deux bouilleurs, construites par la Compagnie de Fives-Lille. Trois de ces chaudières sont munies de surchauffeurs Deck et prévues pour fournir exclusivement de la vapeur surchauffée à la machine Dujardin. Les deux autres fournissent de la vapeur saturée pour la fabrication.

Deux essais ont été effectués : l'un à vapeur surchauffée, l'autre à vapeur saturée.

Ils ont donné les résultats suivants :

	Surchauffe.	Vapeur saturée.
	—	—
Travail indiqué	612,24 ch	623,66 ch
Pression au petit cylindre	8,07	8,01
Surchauffe au petit cylindre	252,81	»
Consommation de vapeur par heure et par cheval indiqué	5,13	5,84

Les consommations s'entendent déduction faite en poids de la purge totale de la conduite et du quart du total des purges des enveloppes et du receiver.

Les garanties de consommation par cheval données par le constructeur étaient les suivantes :

1° A vapeur surchauffée, 4,85 kg à 578 ch et 4,80 à 620 ch

pour une température de surchauffe de 275 degrés au petit cylindre;

2° A vapeur saturée, 5,50 kg pour forces comprises entre 565 et 750 ch.

L'économie résultant de la surchauffe est donc, d'après nos essais, de :

$$\frac{5,84 - 5,13}{5,84} = 12,15\ 0/0.$$

En réalité, l'économie est plus faible; on s'en rend compte si on évalue les consommations en calories. C'est ainsi qu'à vapeur surchauffée, la consommation a été de 3581,71 calories et à vapeur saturée de 3857,20 calories, soit une économie pour la première marche de :

$$\frac{3\,857,20 - 3\,581,71}{3\,587,20} = 7,14\ 0/0.$$

Au point de vue de la surchauffe même, nous avons pu faire quelques remarques.

La surchauffe aux chaudières a oscillé entre 290 et 348 degrés, soit une différence de 58 degrés.

A la machine, elle a varié de 240 à 273 degrés, soit une différence de 33 degrés.

Il faut noter que la tuyauterie de vapeur était très importante, ayant 30 m de longueur sur 200-216 mm de diamètre.

Quant à l'isolement de la conduite, il laissait à désirer; en particulier les brides des joints n'étaient pas entourées et une partie de la tuyauterie se trouvait en plein air.

Or, la chute moyenne de surchauffe entre les chaudières et la machine a été de 74° 78. Tous calculs faits, la perte par mètre carré de conduite ressort à 5877 calories.

Ce chiffre est élevé et beaucoup plus fort que celui correspondant à la perte par la conduite lors de la marche sans surchauffe.

En effet, pour cette deuxième marche, la condensation par mètre carré de conduite a été de 5,16 kg.

Ce chiffre, en valeur absolue, est aussi très élevé, mais s'explique par les conditions d'installation et d'isolement de la tuyauterie.

En valeur relative, il correspond à une perte beaucoup plus faible que pour la marche à surchauffe, car si on le transforme

en calories, on trouve 2 495 calories, soit $\frac{2\,495}{5\,877} = 42$ 0/0 de la perte par l'emploi de la vapeur surchauffée.

Enfin, dans le cas particulier, la perte par la conduite, à surchauffe, ressort à 5,65 0/0 de la consommation de charbon, proportion élevée, eu égard à l'économie donnée par la surchauffe 7,14 0/0 et qui confirme l'intérêt qu'il y a, au point de vue de l'économie, à rapprocher les machines des surchauffeurs et dans tous les cas à assurer l'isolement le plus parfait possible des tuyauteries.

Essai n° 2. — 14 novembre 1903.

L'installation comprenait :

Quatre chaudières Galloway de 80 m² de la maison Sulzer, munies de surchauffeurs Héring;

Deux machines, système Sulzer, compound, à détente variable par le régulateur au petit cylindre, fixe au grand, à condensation, construites par la maison Carels frères, à Gand.

Les dimensions de la grosse machine, qui seule a été essayée, sont les suivantes :

Diamètres	H. P.	0,600 m
	B. P.	0,900
Course		1,200

Le petit cylindre a une enveloppe de vapeur vive et le grand a son enveloppe chauffée par la vapeur venant du petit.

Les garanties de consommation par cheval indiqué, sans réduction pour les purges, étaient les suivantes :

à	300 ch	400 ch	500 ch
	5,600 kg	5,500 kg	5,600 kg

la pression de la vapeur à l'arrivée au petit cylindre étant de 8,500 kg et sa température de 260 degrés.

La consommation de vapeur, à la charge moyenne de l'essai, 431,65 ch, a été trouvée de 5,73 ch par cheval-heure indiqué.

Il faut remarquer que si la pression moyenne d'admission au petit cylindre a été de 8,68 kg au lieu de 8,50 kg, la surchauffe a été en revanche de 252 degrés au lieu de 260.

Quant à la température moyenne au surchauffeur, elle a été de 326 degrés, soit une perte de 74 degrés, correspondant à 5 0/0 de la consommation de la machine.

La température prévue pour la machine, 260 degrés, n'a pu être atteinte, alors que couramment, sans dispositions spéciales prises pour l'essai, on atteignait 280 degrés. Cette différence devait tenir à ce que la marche des chaudières en expérience était moins active que d'habitude, par suite de l'arrêt de la petite machine Carels et du chauffage.

Avec le rendement relevé de 7,15 kg par kilogramme de charbon brut, la consommation de charbon par cheval indiqué et par heure ressort à 0,80 kg.

Essai n° 3. — 3 avril 1902.

L'installation comprend :

1° Une machine horizontale compound à condensation et distribution Corliss, pouvant fonctionner à vapeur surchauffée; puissance : 350 ch; constructeur : MM. Blondel et C[ie], à Lille;

2° Une chaudière de Naeyer avec surchauffeur, devant donner de la vapeur à 275 degrés.

Les garanties étaient les suivantes pour une pression de 7,5 kg au cylindre :

Vapeur surchauffée à 250 degrés au cylindre.	Vapeur saturée (purges comprises).	
—	—	
5,650 kg à 1/10	6,500 à 1/10	500 ch indiqués
5,400 kg à 1/15	6,350 à 1/15	350 ch indiqués
5,950 kg à 1/20	6,800 à 1/20	270 ch indiqués

Nous avons obtenu, à vapeur saturée, une puissance de 423,03 ch avec une admission de 7,73 0/0, la pression au cylindre étant de 7,180 kg. La consommation a été de 6,530 kg de vapeur saturée par cheval indiqué.

L'essai à vapeur surchauffée n'a pas été fait. Il ne l'a pas été parce que la température de vapeur surchauffée, 275 degrés, garantie par la maison de Naeyer, n'avait pu être atteinte.

Dans des essais antérieurs, on avait dû, pour chercher à obtenir cette température, pousser les feux d'une façon anormale.

La température de surchauffe est indiquée par un thermomètre placé sur un ballon de vapeur, situé à une certaine distance de la chaudière; de cette façon, on n'a donc pas la température exacte à la sortie du surchauffeur.

De plus, les marchés ont été faits en imposant 275 degrés au constructeur de la chaudière et le constructeur de la machine

a imposé 250 degrés. On se fixait donc la chute maximum par la conduite sans être sûr que cette perte ne serait pas supérieure, d'autant plus que la conduite est assez longue, passe dans une cour et qu'il restait à nu certaines de ses parties ainsi que le corps des vannes. C'est pourquoi nous avions demandé la pose d'un thermomètre à l'arrivée à la machine.

Entre temps, divers incidents se sont produits. C'est ainsi que les tubes du surchauffeur ont été trouvés au début presque obstrués par du tartre provenant de ce que, à diverses reprises, le surchauffeur avait été noyé sans avoir été purgé ensuite.

Essai n° 4. — 16 décembre 1904 et 13 janvier 1905.

L'usine comportait anciennement deux chaudières semi-tubulaires. Par suite du montage d'une machine à soupapes devant fonctionner à 275 degrés à l'arrivée au cylindre, une chaudière multitubulaire avec surchauffeur au-dessus des tubes, fut installée.

Cette chaudière, de 100 m², devait pouvoir donner 1 400 kg vapeur à l'heure, avec une température de sortie au surchauffeur de 320 degrés; la surface du surchauffeur était de 12 m² seulement. C'était la première fois que le constructeur installait la chaudière avec surchauffeur.

Comme à l'allure normale, on n'atteignait pas la surchauffe, la chaudière fut poussée à 1 950 kg de vapeur à l'heure, lors d'un premier essai de réception; malgré cela, la surchauffe fut bien inférieure à celle garantie; la température maximum obtenue ne fut que de 290 degrés, après un décrassage.

Un deuxième essai de réception fut refait à l'allure normale de marche. Pour une vaporisation de 1 463 kg de vapeur à l'heure, la température moyenne de surchauffe ne fut que de 264 degrés et celle maximum de 272 degrés, chiffres bien inférieurs à celui prévu 320 degrés.

Lors du premier essai, la température de surchauffe devait être maintenue constante au moyen d'un pyromètre régulateur qui était réglé pour 320 degrés et qui, par suite, n'a pu fonctionner puisque cette température n'a pas été atteinte. Le but de cet appareil, qui fonctionnait électriquement, était d'amener par un jeu de soupapes de l'eau dans le surchauffeur de façon à abaisser, en cas d'excès, la température de la vapeur surchauffée; il devait se faire ainsi un mélange convenable avec la vapeur

saturée qui résultait de l'introduction partielle d'eau au surchauffeur. Il faut noter également que pendant la deuxième moitié de l'essai le pyromètre régulateur s'est arrêté dans son fonctionnement. Au deuxième essai, le pyromètre a été remplacé par un thermomètre à mercure.

Essai n° 5. — 8 et 11 avril 1904.

L'installation comprend cinq chaudières Belleville. A une grande distance se trouvent :

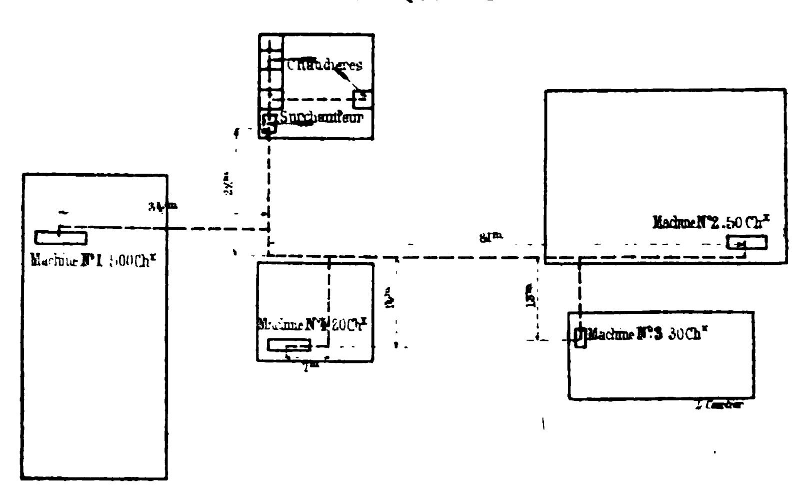
1° Une machine à quatre distributeurs Crépelle et Garand pour l'atelier principal ;

2° Une machine ancienne Charles pour l'outillage ;

3° Une machine Farcot, à came, pour le laminage du plomb.

Pour améliorer la marche, on a installé, dans la salle de chauffe, un surchauffeur indépendant Babcock et Wilcox ; cet appareil surchauffe la vapeur des trois machines.

GRAPHIQUE N° 2



Deux séries d'expérience ont été faites, l'une a porté sur la marche de la machine Crépelle seule, avec et sans surchauffeur; l'autre sur la marche générale de l'usine à surchauffe.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Pour le premier essai, la machine Crépelle fonctionnait seule, les autres machines étaient arrêtées.

	Sans surchauffe	Avec surchauffe
Travail indiqué	504,49 ch	466,50 ch
Pression d'admission	6,59 kg	6,14 kg
Admission	15 0/0	15 0/0
Surchauffe. { A la sortie du surchauffeur		286°,25
Surchauffe. { A l'arrivée à la machine.		223°,86
Perte de surchauffe		62°,39
Perte par mètre carré de conduite. .		$\frac{62,39}{57} = 1°,09$

Consommation de la machine Crépelle sans surchauffe, déduction faite de la purge de la conduite, mais non de celle de l'enveloppe . . . . 8,88 kg

Consommation avec surchauffe de la vapeur en passant toujours forcément dans l'enveloppe avant d'arriver aux obturateurs . . . . 8,16 kg

Économie . . . . $\frac{8,88-8,16}{8,88} = 8,10\ 0/0$

Consommation de charbon par cheval indiqué :

pour la marche sans surchauffe . . . 1,131 kg

— — avec surchauffe . . . 1,039 kg

Consommation réelle de charbon par cheval indiqué :

pour la marche avec surchauffe . . . $1,039 + 0,189 = 1,228$ kg

(0,189 représente la dépense de charbon au surchauffeur rapportée au travail indiqué).

Dépense supplémentaire due à la surchauffe. . . . . $\frac{1,228 - 1,131}{1,131} = 8,57\ 0/0$

La perte par la conduite ressort à

2,084 calories 72 par mètre carré à surchauffe

et à 596 calories 90 par mètre carré sans surchauffe.

Dans cette première série d'essais l'économie de 8,10 0/0 apportée par la surchauffe comme dépense de vapeur a été détruite et transformée en perte de 8,57 0/0 quand on ne s'est

plus occupé que du charbon et qu'alors il a fallu tenir compte de la dépense de combustible au surchauffeur même ; c'est pourtant cette dépense globale qui est la seule à considérer dans l'industrie.

Il est vrai que, dans le cas particulier, le rendement du surchauffeur a été diminué par l'existence d'eau entraînée dans la vapeur à son arrivée au surchauffeur ; nous avons pu nous en convaincre en constatant du tartre à l'intérieur du surchauffeur, après nos essais, lors d'un démontage qui était devenu nécessaire par la rupture de tubes. Le surchauffeur devait tout d'abord vaporiser l'eau entraînée avant de surchauffer en réalité la vapeur ; son rendement apparent en surchauffe de vapeur n'a été ainsi que de 37,85 0/0. Des recherches ont été faites alors sur l'eau entraînée dans la conduite avec diverses méthodes connues : phénolphtaléine, méthode calorimétrique ; nous avons relevé ainsi une proportion de 2 0/0.

D'un autre côté, il aurait fallu installer le surchauffeur tout près de la machine pour éviter la perte par la tuyauterie, qui est plus importante avec la vapeur surchauffée qu'avec la vapeur saturée, ainsi que nous l'avons fait ressortir.

De plus, si le surchauffeur avait été près de la machine, on aurait pu marcher avec de la vapeur à plus haute température et, par suite, la consommation de vapeur aurait été plus diminuée encore.

La température relevée de 223 degrés à l'arrivée du cylindre aurait pu être augmentée sans inconvénient, car ce n'est pas à cette température que la vapeur arrivait aux obturateurs, mais bien à une température inférieure, étant donné qu'elle passait d'abord par l'enveloppe.

Le deuxième essai, fait avec la vapeur surchauffée dirigée sur les trois machines, a montré qu'il n'existait plus de surchauffe aux machines Charles et Farcot ; on a même trouvé un poids de purge assez important.

La machine Charles se trouve à 50 m du surchauffeur et la machine Farcot à 75 m.

La première fait 26,32 ch et la seconde 71 ch.

Pour cette dernière machine, la surchauffe ne servait qu'à réduire la condensation dans la conduite, mais nous avons constaté que cette diminution est chèrement acquise.

En résumé, cette installation n'a pas donné les résultats attendus, mais il était possible d'en obtenir de meilleurs en mettant

le surchauffeur près de la machine Crépelle, la plus importante.

Pour les autres machines, il n'y avait pas d'économie à espérer, étant donnée la grande longueur de leurs conduites.

Essai n° 6. — 17 mai, 24 mai et 8 juin 1904.

La diminution de rendement des surchauffeurs par l'eau entraînée nous a amené à rechercher une installation nous permettant de faire de nouvelles expériences à ce sujet.

Une installation de groupe électrogène composée d'un générateur Babcock et Wilcox, de deuxième catégorie avec surchauffeur, actionnant une machine Boulte-Larbodière, paraissait intéressante pour nos recherches, car lors de la mise en route on n'avait pas relevé de différence de température à l'entrée et à la sortie du surchauffeur, ce qui semblait laisser croire que celui-ci n'avait pour rôle que de vaporiser de l'eau entraînée.

Cette hypothèse pouvait paraître d'autant plus plausible que l'on était en présence d'une chaudière de deuxième catégorie n'ayant comme réservoir supérieur qu'un corps transversal à l'arrière de faible section dont la surface de plan d'eau est faible.

Les principales caractéristiques de la chaudière et du surchauffeur sont les suivantes :

Timbre				12 kg
Surface de chauffe				68 m²
Surface du surchauffeur				16 m²
Grille	Longueur	1,50 m	Surface	1,42 m²
	Largeur	0,95 m		

La chaudière devait produire normalement 1,000 kg de vapeur à l'heure.

Avec diverses dispositions pour la prise d'échantillon de la vapeur, nous n'avons pas trouvé, par l'emploi de la fluorescéine, des traces d'eau entraînée ; mais en poussant la charge de 21 kw à 36, la température de la vapeur surchauffée s'est élevée de 201 à 234 degrés.

Ces essais ont montré que la surchauffe obtenue était faible et que cela devait tenir à la faible allure des feux, la combustion n'étant au début que de 55 kg de charbon par mètre carré de grille et par heure.

Machines sans condensation.

Essai n° 7. — Machines à grande vitesse à tiroirs cylindriques, à échappement libre, construites par la maison Delaunay-Belleville et Cie.

5 août 1903.

La machine essayée était compound, tandem, simple, c'est-à-dire à une ligne verticale de deux cylindres compound. Les résultats de l'essai ont été les suivants :

Pression avant la valve du régulateur . . .	13,80 kg
Pression au tiroir du petit cylindre	»
Température à l'entrée au petit cylindre . .	241°,60
Nombre de tours par minute	404,4
Travail effectif développé	61,84 ch
Consommation de vapeur par cheval effectif.	8,66 ch

31 août 1903.

La machine essayée était du même type et avait les mêmes dimensions que la précédente. Les résultats consignés ci-dessous sont d'ailleurs sensiblement identiques à ceux obtenus pour la première machine.

Pression avant la valve du régulateur . . .	13,75 kg
Pression au tiroir du petit cylindre	8,75 kg
Température à l'entrée du petit cylindre . .	230°
Nombre de tours par minute	402,6
Travail effectif développé.	61,50 ch
Consommation de vapeur par cheval effectif.	8,47 k

15 janvier 1904.

La machine essayée était compound, tandem, double, c'est-à-dire à deux lignes parallèles verticales de deux cylindres compound.

Elle était plus forte que les précédentes, et les résultats obtenus ont été les suivants :

Pression aux tiroirs des petits cylindres . .	7,50 kg
Température à l'entrée aux petits cylindres.	248°
Nombre de tours	379
Travail effectif total développé	203,29 ch
Consommation de vapeur par cheval effectif.	8,30 kg

Essai n° 8. — 16 et 24 janvier 1903.

Le matériel essayé comprenait :

1° Une chaudière Babcock et Wilcox, de 2e catégorie avec réservoir à l'arrière, de 37 m², pouvant vaporiser 550 kg à l'heure à 10,500 kg avec surchauffeur et réchauffeur alimentaire.

2° Une machine Boulte-Larbodière, compound tandem, à tiroirs cylindriques d'une puissance effective normale de 55 ch à 420 tours sous 10 kg à échappement libre passant toutefois dans le réchauffeur alimentaire.

La machine actionne une dynamo de 35 kw aux bornes.

Pour éviter le montage d'un frein, on a mis des résistances liquides et admis un rendement de dynamo de 90 0/0.

Des difficultés dans le chauffage de la chaudière ont amené à faire deux essais qui ont donné les résultats suivants :

Durée	4 heures
Pression à la chaudière	10,40 kg
Pression à la machine.	10,10 kg
Ampérage	291,81
Voltage	135,13
Travail en kilowatts.	39,43 kg
Travail en chevaux effectifs	59,52
Nombre de tours	421,
Surchauffe à la machine.	312°,50
Consommation par cheval effectif. .	7,71 kg

La garantie était, à 300 degrés, à échappement libre, de 9 kg de vapeur au maximum par cheval effectif, avec tolérance de 5 0/0 aux essais.

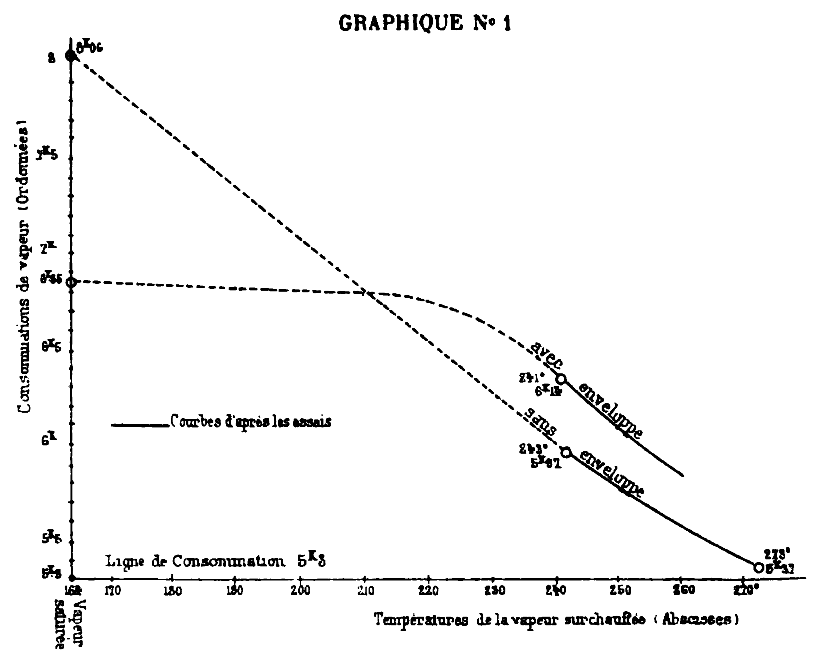
La consommation trouvée a donc été bien inférieure, mais il faut remarquer que la température de surchauffe a été (312,05 degrés) plus élevée que celle prévue (300 degrés).

Rôle de l'enveloppe dans les machines à vapeur surchauffée.

Les essais de la machine Weyher et Richemond avec et sans enveloppe ont amené à des conclusions intéressantes au sujet de la comparaison entre le rôle de l'enveloppe et celui de la surchauffe.

A vapeur saturée, la marche avec enveloppe est plus économique ; à vapeur surchauffée à 260 degrés, la consommation est au contraire plus faible sans enveloppe, 5,68 kg au lieu de 5,865 kg; ce résultat est déjà bien connu ; l'enveloppe constitue, en effet, une surface refroidissante qui diminue l'efficacité de la surchauffe ; s'il y a une certaine période de légère surchauffe où la marche à enveloppe est plus économique, pour des surchauffes plus élevées il est préférable de ne pas avoir d'enveloppe ; dans les essais de la maison Weyher et Richemond, l'allure de la surchauffe n'a pas pu être assez variée pour être fixé sur ces courbes de marche avec enveloppe et sans enveloppe qui sont de l'allure ci-jointe.

GRAPHIQUE N° 1



Sur ce graphique, qui porte en abscisses la température de la vapeur surchauffée et on ordonnées les consommations de

vapeur, les courbes en traits pleins indiquent les consommations relevées dans les expériences de la maison Weyher et Richemond ; à ces courbes, il y a lieu d'ajouter la consommation à vapeur saturée avec enveloppe 6,85 kg pour une pression de 6 kilogs correspondant à une température de 164 degrés ; en admettant, à vapeur saturée, que la consommation sans enveloppe soit supérieure de 15 0/0, on aurait atteint 8,06 kg ; ces points permettent de tracer des courbes approximatives qui amènent, comme on pouvait s'y attendre, aux remarques suivantes :

1° Une légère surchauffe jusqu'à 210 degrés ne paraît pas améliorer la consommation dans le cas de marche avec enveloppe ;

2° Pour cette légère surchauffe, il est préférable, néanmoins, d'avoir une enveloppe, car la consommation de la marche sans enveloppe, partant de 8,06 kg à vapeur saturée, ne croise qu'au bout d'une certaine surchauffe la courbe de consommation avec enveloppe ;

3° Au delà de 210 degrés, il serait préférable de ne pas avoir d'enveloppe et la consommation va toujours en diminuant quand la surchauffe augmente ; ce fait est déjà bien connu.

En résumé, l'action économique de l'enveloppe est limitée, alors que pour la surchauffe, à partir d'un certain degré de température, l'économie va toujours en augmentant quand la surchauffe augmente : c'est ainsi que la surchauffe apparaît comme un moyen de réduire les consommations même dans les machines déjà très économiques.

En reprenant le travail de M. Vanderstegen, j'y relève que l'auteur fixe à 250 degrés la limite de température au-delà de laquelle l'enveloppe devient nuisible, alors que dans les essais de la machine Weyher et Richemond cette limite paraît être de 210 degrés seulement.

En poussant plus loin l'étude de l'enveloppe, on peut se demander ce qu'il convient de faire quand on doit conserver l'enveloppe de vapeur au cylindre, soit que la surchauffe soit appliquée à une ancienne machine à enveloppe, soit que la machine marche tantôt à vapeur surchauffée, tantôt à vapeur saturée. En Alsace, après de nombreux essais, on a résolu cette question en conservant l'enveloppe et en l'alimentant par un chauffage indépendant; la vapeur surchauffée qui doit produire le travail arrive

alors directement au cylindre et ne passe plus par l'enveloppe, car elle se désurchaufferait comme nous l'avons dit plus haut.

Au sujet de l'enveloppe, je dois donner une autre indication. Dans des machines marchant tantôt à vapeur surchauffée, tantôt à vapeur saturée, il peut se produire des dilatations imprévues qui provoquent parfois des fuites intérieures augmentant la consommation. Nous avons en effet relevé le cas suivant : une machine à vapeur saturée consommait 6,7 kg par cheval-heure; on lui ajouta la surchauffe et elle marcha au début tantôt à vapeur surchauffée, tantôt à vapeur saturée; lors d'un essai à vapeur saturée avec suppression momentanée de la surchauffe, on a constaté une consommation de 7,15 kg plus élevée qu'auparavant. La différence était en réalité encore plus grande, car la distribution de la machine depuis sa marche à surchauffe avait été remplacée par une autre plus économique.

Dans les essais de la machine Weyher et Richemond, la consommation a été mesurée en vapeur dépensée à la chaudière; en réalité il serait plus juste de l'établir en nombre de calories en prenant pour la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée 0,53 à 0,55. Mais pratiquement, il faut ne parler que de consommation de charbon; là, incidemment, intervient la diminution du bénéfice de la surchauffe quand on la produit dans des appareils indépendants; là surtout intervient aussi le choix de la chaudière qui sera de meilleur rendement; les essais entrepris sur la machine Weyher et Richemond sont très instructifs à ce sujet : avec la chaudière à foyer amovible de meilleur rendement, la consommation en vapeur saturée a été aussi faible que celle en vapeur surchauffée, celle-ci étant produite dans une chaudière semi-tubulaire. Ce sont ces divers facteurs qui font varier le rendement d'une installation à une autre.

Installation proprement dite des surchauffeurs.

Après ces considérations générales sur les applications de la surchauffe et sur les résultats d'essais obtenus, il faut étudier chacune des phases constituant le cycle à vapeur surchauffée, c'est-à-dire le surchauffeur, la conduite, la chaudière et la machine.

Nous commencerons par le surchauffeur.

Tout d'abord, je dois signaler le volumineux travail si com-

plet et si documenté publié par la Société des Ingénieurs allemands sur la vapeur surchauffée par M. Otto Berner, de Berlin.

Ce travail comprend les chapitres suivants :

« Propriétés et nature de la vapeur surchauffée; Métaux pour la construction des surchauffeurs; Diamètre intérieur, forme de la section et épaisseur des parois des tubes de surchauffeurs; Montage des tubes d'un surchauffeur complet; Direction du courant de vapeur et des gaz de combustion, canalisation des gaz chauds; Liaison du surchauffeur à la chaudière; Transmission de la chaleur à travers les parois des surchauffeurs; Réglage de la température de la vapeur, dispositifs de protection des surchauffeurs; Détermination des dimensions des surfaces de surchauffeurs; Vitesses de la vapeur dans les tubes de surchauffeurs; Production des chaudières en vapeur surchauffée; Modification du champ d'activité des types de chaudières en usage, par la surchauffe; Rendement calorifique dans la production de la vapeur surchauffée ».

En matière de surchauffeurs, il faut distinguer entre les surchauffeurs à foyer indépendant et ceux placés à l'intérieur du fourneau même des chaudières et chauffés par les gaz venant du foyer de la chaudière.

Surchauffeurs indépendants.

Les avis sont partagés sur l'efficacité des surchauffeurs indépendants : M. Baudouin les préconise, M. Vanderstegen les rejette sous prétexte que les gaz sortent du surchauffeur à une trop haute température; une étude judicieuse du surchauffeur, tant comme système que comme circulation de gaz à l'extérieur et de vapeur à l'intérieur, permet de faire sortir les gaz à une température aussi basse que celle des chaudières, et cette étude répond ainsi à l'objection de M. Vanderstegen. Nous avons, en effet, constaté dans une usine de traction électrique, où il a été ajouté après coup un surchauffeur indépendant, qu'à leur sortie les gaz n'avaient qu'une température de 280 degrés.

Le rejet du surchauffeur indépendant trouverait plutôt sa raison dans la dépense supplémentaire de charbon qu'il entraîne; là encore c'est par une question de balance et d'essais que l'on peut être fixé; dans l'usine citée ci-dessus, l'économie avec l'adjonction du surchauffeur indépendant a été de 16 0/0; cette économie n'a pas été seulement constatée dans des essais, mais

dans une marche régulière de plusieurs mois; la dépense de charbon sans le surchauffeur atteint pourtant 14 0/0.

Au Congrès annuel des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur en 1904, M. Maréchal, de Rouen, et M. Dejace, de Bruxelles, ont présenté des essais avec surchauffeurs indépendants et ils ont fait ressortir l'économie plus faible en charbon qu'en vapeur, soit 16,5 0/0 en charbon pour 22,3 0/0 en vapeur dans l'essai de M. Maréchal avec vapeur surchauffée à 280 degrés, et 6,2 0/0 en charbon pour 16,4 0/0 en vapeur dans l'essai de M. Dejace avec vapeur surchauffée à 245 degrés.

M. Maréchal a pu faire un deuxième essai en marchant à vapeur surchauffée à plus haute température, 341 degrés, et il a constaté nettement que la consommation de charbon n'a pas diminué, malgré l'amélioration de la machine comme dépense de vapeur. Ce résultat tient à la dépense de charbon plus forte qu'il a fallu faire dans le surchauffeur indépendant pour surchauffer davantage la vapeur; il conclut en disant que pour l'installation essayée, la marche la plus avantageuse correspond à une température de vapeur de 280 degrés seulement. L'installation comprenait deux chaudières à bouilleurs de 160 m², un surchauffeur Héring indépendant et une machine coupound Dujardin.

Le surchauffeur indépendant peut être réglé à volonté suivant les besoins de l'usine; la température de surchauffe ne dépend plus de l'allure de la chaudière comme avec le surchauffeur placé dans le fourneau même. Il est évidemment tout indiqué pour une installation importante, et je rappelle à ce sujet la conception de la maison Belleville que j'exposais dans ma note sur les chaudières et les machines à l'Exposition de 1900, et qui consiste, dans une grande usine, à avoir dans chaque générateur, un surchauffeur donnant de la vapeur à température peu élevée et à faire ensuite passer cette vapeur dans un surchauffeur indépendant placé près de la machine et complétant la surchauffe pour arriver à la température demandée.

Pour des essais à diverses allures de surchauffe, comme ceux que pratiquent les constructeurs actuellement, le surchauffeur indépendant est également tout indiqué.

En particulier dans les essais de la Maison Weyher et Richemond, on aurait pu étudier davantage les résultats provenant de la variation de la température de surchauffe si on avait eu un appareil indépendant.

SURCHAUFFEURS DANS LE FOURNEAU DES CHAUDIÈRES.

Quand, au contraire, le surchauffeur fait partie de la chaudière même, les éléments en présence sont plus nombreux et des tâtonnements sont forcés.

Tout d'abord, la position du surchauffeur est très variable. Ainsi, en commençant par les chaudières multitubulaires, nous voyons que dans la chaudière Niclausse, le faisceau surchauffeur prend la place de tubes vaporisateurs, mais il doit être assez éloigné du foyer pour ne pas brûler; dans la chaudière Babcock et Wilcox, le surchauffeur est au-dessus des tubes et il est chauffé par les gaz dans leur passage entre le 2e et 3e parcours; dans la chaudière Roser, le surchauffeur est formé par des tubes enrobés dans un bloc d'acier contournant les parois du foyer; dans la chaudière Belleville, le faisceau surchauffeur est pour ainsi dire l'amplification des tubes sécheurs que comportait la chaudière.

Dans toutes ces dispositions, il faut ne pas perdre de vue que les tubes surchauffeurs sont en somme dans l'état des tubes vaporisateurs manquant d'eau; si le manque d'eau est peu accentué, les tubes rougissent sans se brûler; s'il est complet, ils bleuissent, se brûlent et s'oxydent jusqu'à se rompre.

Pour ces chaudières multitubulaires, l'adjonction du surchauffeur ne modifie pas la forme même de la chaudière; il peut ne pas en être ainsi pour les chaudières à grand volume; dans celles-ci, le surchauffeur est placé là où l'on peut le mettre; avec les chaudières semi-tubulaires, sa place est tout indiquée à la relevée des flammes, à l'arrière des bouilleurs; toutefois la Société alsacienne pour ce type de chaudières place le surchauffeur horizontalement dans les carneaux du corps cylindrique, et la surchauffe est complétée par un autre faisceau sous la paillasse des bouilleurs; dans les chaudières à foyer intérieur, la place est à l'arrière du foyer à la sortie des gaz, mais si la chaudière est longue ou si le foyer comporte des tubes Galloway par exemple, les gaz peuvent arriver au surchauffeur à température trop basse pour donner la surchauffe voulue.

Dans tous les cas, la température de surchauffe doit être obtenue par le calcul de la surface du surchauffeur et par la recherche de sa meilleure position et non en forçant la chaudière; c'est là encore une remarque importante à faire, car dans des essais nous avons constaté souvent que si les constructeurs n'obtiennent pas la température voulue, ils songent à y arriver en

forçant l'allure de la chaudière qui ne marche plus ainsi dans les conditions normales où elle a été établie; c'est ce qui s'est passé dans les essais nos 3 et 4.

Enfin, le surchauffeur dans la chaudière doit former avec elle un ensemble à rendement aussi élevé que celui du générateur à simple vaporisation.

Nous avons dit plusieurs fois qu'il y avait intérêt au point de vue de l'économie de vapeur à marcher à la température de surchauffe la plus élevée possible; toutefois, dans un essai avec surchauffeur indépendant, nous avons constaté, en ne s'occupant que de la dépense de charbon, la seule intéressante, qu'il était préférable de marcher à une température de 280 degrés plutôt que 340 degrés.

La question se pose donc, dans une telle installation de limiter la température de surchauffe; cette question se pose également, quand on craint avec tel type de distributeurs des grippements en marchant à forte surchauffe; des tâtonnements sont alors nécessaires pour arriver à cette limite. Comme exemple, je citerai des essais faits sur une grande installation de chaudières semi-tubulaires ayant dans leurs fourneaux des surchauffeurs de la Société alsacienne de Constructions mécaniques. Ces surchauffeurs en fer comportent, comme il est dit plus haut, deux faisceaux indépendants; comme la température obtenue à la sortie du surchauffeur était trop élevée, et qu'on ne voulait pour la machine n'avoir à l'arrivée qu'une température de 250 degrés, on fit une série de tâtonnements comportant d'abord la pose de dalles réfractaires au-dessus du surchauffeur inférieur, puis la communication entre l'entrée et la sortie du surchauffeur supérieur, de façon à y diminuer la circulation.

Dans l'installation des surchauffeurs non indépendants ajoutés à une chaudière déjà neuve ou déjà existante, il est nécessaire de pouvoir isoler l'appareil en cas d'avarie ou simplement de nettoyage; cet isolement est obtenu en général au moyen de volets; la manœuvre de ces volets complique évidemment la conduite de l'ensemble; de plus, ils peuvent brûler et ne plus être étanches; nous en avons eu des exemples avec des surchauffeurs placés à l'arrière de chaudières semi-tubulaires à bouilleurs; alors la circulation des gaz devient anormale et l'on ne sait plus ce que l'on fait; un tel surchauffeur placé dans une chaudière forcée a littéralement fondu dès la mise en marche; il est tombé dans le bas du fourneau.

Établissement des conduites de vapeur surchauffée.

Il y a lieu de parler, maintenant, de la conduite qui, en vapeur surchauffée, a un rôle très important, dont il est peu parlé dans les publications; ce rôle provient de l'action refroidissante de l'air extérieur. Cette action se traduit par une diminution de la température de surchauffe, et c'est ici que réside la grande différence avec une conduite en vapeur saturée; dans cette dernière, la condensation se traduit par une perte égale en 0/0 au rapport de la condensation au poids de vapeur totale dépensée; avec la vapeur surchauffée, l'abaissement de la température de surchauffe se traduit d'abord par l'abandon d'un nombre de calories plus grand, ce qui est déjà un plus grave inconvénient, mais le plus important provient surtout de la réduction de l'économie apportée par la surchauffe. En d'autres termes, on cherche par tous les moyens possibles à augmenter la température de surchauffe pour augmenter l'économie, et la conduite vient abaisser cette température.

Pour répondre à ces considérations, la conduite doit être installée dans les conditions suivantes :

1° Elle doit être aussi courte que possible;

2° Elle doit être d'un diamètre plus faible en vapeur saturée, et on peut y admettre une vitesse de 30 à 40 m pour la vapeur;

3° Elle doit être très bien entourée de calorifuge, et aussi bien autour du corps même de la conduite que sur les brides et les vannes.

Le rôle de la conduite est tellement important qu'il se répercute sur l'installation même du surchauffeur. En effet, dans une installation neuve et de grande puissance, le tracé de la conduite s'impose par l'installation elle-même. On ne peut en diminuer la longueur, les chaudières étant dans un bâtiment et les machines dans un autre; on ne peut que bien calorifuger la conduite. Cela étant, d'après la surface de la conduite, on doit compter sur telle perte de la température; si l'on s'est fixé alors la température à la machine, on en déduit celle à la sortie du surchauffeur; les nécessités d'obtenir cette dernière température entraînent telle surface et telle position pour le surchauffeur, et telle température de gaz chauffant l'appareil.

On le voit, le rôle de la conduite est très important; il montre,

comme je l'ai dit au début de cette note, la nécessité dans l'installation d'une machine à vapeur surchauffée de ne pas séparer la machine de la chaudière, et de faire de tout l'ensemble un bloc aussi économique que possible.

Pour préciser ces remarques sur la conduite, je citerai l'installation suivante : un industriel voulut ajouter la surchauffe à une installation motrice déjà ancienne; la machine était à 120 m des chaudières; la conduite avait 200 mm de diamètre, et elle faisait un angle droit en courant le long des bâtiments. Pour marcher en vapeur surchauffée, l'industriel n'hésita pas à abandonner l'ancienne conduite, et à en établir une nouvelle, en ligne droite, passant au-dessus des bâtiments, n'ayant plus que 80 m de longueur; le diamètre fut réduit à 110 mm; on chercha à supprimer les brides autant que possible; la conduite fut formée de tronçons de 12 m soudés bout à bout, et elle fut parfaitement enveloppée de calorifuge. Les surchauffeurs ne furent ajoutés qu'à deux chaudières seulement; ils étaient du type Schwœrer; la machine était d'un type fort ancien, et consommait 13 kg de vapeur.

Les résultats ont été les suivants : en marchant avec deux chaudières, les températures de surchauffe ont été de 250 degrés aux chaudières, 206 degrés à l'arrivée à la machine, et 175 degrés à l'arrivée à la boite à tiroir, après passage de la vapeur dans l'enveloppe; la consommation s'est abaissée à 7,60 kg. En marchant avec une seule chaudière, la surchauffe obtenue a été naturellement plus élevée : 292 degrés à la chaudière, 249 degrés à l'arrivée à la machine, et 206 degrés à l'arrivée à la boite à tiroir; la consommation s'est abaissée à 6,47 kg; la surchauffe bien comprise a donc donné, dans cette installation ancienne, une réelle économie.

En opposition de cette installation, j'en citerai une autre, mais mal conçue, et établie également dans une usine ancienne. Cette installation comportait une chaudière multitubulaire Babcock et Wilcox, de 119 m², contenant un surchauffeur de 39 m, et une machine à soupapes de la maison Carels, de 250 ch. Il avait été garanti une température de vapeur surchauffée de 350 degrés à la sortie de la chaudière, et le constructeur de machines avait spécifié la consommation avec une température, à l'arrivée au ballon avant la machine, de 330 degrés; mais la chaudière et la machine étaient distantes de 46 m, une telle distance avait été la conséquence du montage de la chaudière près des anciennes pour ne pas faire une nouvelle cheminée; la conduite était d'un

diamètre beaucoup trop grand, 130 mm; elle comportait de nombreuses brides non entourées, et la conduite elle-même était assez mal calorifugée; il en résultait une chute de température de 100 à 120 degrés le long de la conduite; en somme, on n'avait à la chaudière que 320 degrés, et à la machine 200 à 220 degrés seulement, au lieu de 330 degrés; il est évident qu'une telle installation a manqué d'unité dans sa conception; depuis, la chaudière a été déplacée pour être montée contre la machine avec une cheminée spéciale.

Pour mettre en lumière les considérations précédentes sur les conduites, des chiffres seraient nécessaires. La perte en calories par mètre carré ne peut être relevée que lorsque l'installation comporte un thermomètre au départ de la chaudière, et un autre à l'arrivée à la machine. Ces détails minimes n'ont pas toujours été prévus, et ce n'est que dans les installations récentes qu'on les trouve.

Les expérimentateurs relèvent souvent la perte par la conduite en degrés par mètre linéaire; cette base est incomplète, le diamètre doit intervenir; la perte doit être relevée par mètre carré de conduite, et être établie en calories pour la comparer avec celle en vapeur saturée.

Au cours de nos essais, nous relevons, si cela est possible, les éléments nécessaires pour établir la perte par la conduite; le chiffre le plus élevé que nous ayons atteint est celui indiqué dans l'essai n° 1, 5 877 calories; il se rapporte à une conduite assez mal entourée.

M. Vinçotte a fait des relevés analogues, et a trouvé des chiffres très variables, qui ont été publiés dans le Congrès des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur (1903).

Pour terminer ces considérations sur les conduites, il me reste à indiquer que, pour la vapeur surchauffée, le métal employé ne doit plus être le cuivre, car, à la température de surchauffe, sa ductilité diminue; il faut avoir recours au fer ou à l'acier.

De plus, pour tenir compte des dilatations plus importantes, il faut une tuyauterie élastique, avec des courbes de grand rayon, et au besoin des boucles de dilatation, ou mieux, des joints glissants.

Passons maintenant aux chaudières. Si les surchauffeurs sont montés dans le fourneau même des chaudières, les considérations précédentes sur les surchauffeurs peuvent amener à modifier la forme des chaudières.

Ma note sur les chaudières à l'Exposition de Dusseldorf, en 1902, montre les diverses modifications qu'on a été amené à faire subir en Allemagne aux chaudières, et plus particulièrement à celles à foyer intérieur; ces modifications visent le double but : obtenir le degré de surchauffe maximum ou imposé, et conserver le rendement de la chaudière. Je ne m'étendrai pas sur cette question, déjà traitée en 1902.

Enfin, pour terminer, par les machines à vapeur elles-mêmes, la question ne se pose que sur la concurrence entre les distributeurs Corliss et les distributeurs à soupapes, celles-ci paraissant répondre plutôt aux températures de surchauffe élevée, qui sont plus économiques.

Tout d'abord, il y a des cas, comme nous l'avons dit plus haut, où il n'est pas économique de chercher à pousser la surchauffe au delà d'une certaine température. En deuxième lieu, comme nous l'avons fait ressortir dans les essais de la machine Weyher et Richemond, qui comporte des obturateurs Corliss, la température de la vapeur surchauffée a été jusqu'à 273 degrés, et aucun grippement ne s'est produit aux obturateurs; il est vrai que des dispositifs spéciaux de graissage ont été prévus.

Enfin, entre ces deux organes. tiroirs Corliss et soupapes, il y a, comme je l'ai dit en 1902, les pistons-valves et les tiroirs cylindriques, qui peuvent parfaitement supporter une température élevée de surchauffe.

Je ne parle ici que pour mémoire des huiles de graissage et des garnitures de presse-étoupes métalliques, qui sont maintenant en usage courant dans les machines à vapeur surchauffée : ce sont ces questions de graissage qui avaient été la principale préoccupation au début de la surchauffe, et qui avaient empêché son développement, et l'avaient même complètement fait oublier.

En revenant, pour terminer, à la nécessité de constituer l'ensemble, chaudières, machines, surchauffeurs, conduites, en un bloc aussi économique que possible, je signalerai que ce bloc se trouve constitué par lui-même, d'une façon très heureuse, dans les locomobiles à vapeur surchauffée; il est utile de signaler ici la consommation en charbon très faible trouvée dans un essai de locomobile à vapeur surchauffée Wolf, relaté dans la *Revue industrielle*, du 4 mars dernier : une machine compound-tandem, à condensation, de 38 ch, n'a consommé, par cheval indiqué et par heure, que 0,552 kg de houille brute. Dans ce type de ma-

chine demi-fixe, le faisceau tubulaire vaporisateur est en prolongement du foyer, et le faisceau surchauffeur à l'arrière, dans la boite à fumée.

Dans le même ordre d'idées, il faut signaler l'adjonction de surchauffeurs aux locomotives. Le *Portefeuille économique des Machines* vient de publier, dans son numéro de mai 1905, une étude fort instructive sur ces locomotives à vapeur surchauffée.

En résumé, dans cette note, je n'ai voulu parler ni de la théorie de la surchauffe ni décrire les divers types de surchauffeurs; les publications nombreuses faites sur la questions suffisent; je n'ai cherché qu'à faire ressortir la nécessité d'étudier chaque installation dans toutes ses parties : chaudière, machine, surchauffeur, conduite, et mettre en garde contre les installations défectueuses qui ont amené des insuccès.

Par l'adjonction de l'enveloppe, Watt avait déjà amélioré la consommation de la machine à vapeur; par la surchauffe, Hirn a reculé encore la limite de l'économie. car, en principe, l'élévation de la surchauffe permet proportionnellement d'abaisser la consommation, alors qu'avec l'enveloppe cette économie est limitée. Avec des applications bien étudiées, la surchauffe permettra à la machine à vapeur de lutter contre le moteur à gaz, mais il ne faut pas oublier que l'addition de surchauffeur complique l'installation, et qu'elle est moins justifiée pour des petites machines; je terminerai en citant alors textuellement la conclusion si judicieuse de M. Vanderstegen.

« On ne saurait, d'une façon générale, déclarer qu'il faut toujours appliquer la surchauffe et à telle température, ou qu'il faut la proscrire systématiquement.

» Dans les grandes installations, dans les stations centrales, où l'on cherche à réduire au minimum le prix du kilowatt, la surchauffe s'impose, et il faut au moins la pousser jusqu'à 300 degrés, soit 320 à 350 degrés aux chaudières; de même pour les grandes usines, les meuneries, etc.

» Par contre, si la machine est peu importante, si son régime est très variable, si elle ne marche pas d'une façon continue, et surtout si le personnel n'a pas la compétence voulue, il est évident que bien souvent l'économie à faire ne vaut pas la peine de compliquer l'installation.

» Il y a donc, dans bien des cas, une étude à faire pour mettre en regard les avantages avec le surcroît de dépense, de risques ou d'entretien. »

MOYENS DE FAIRE FRANCHIR

LES GRANDES CHUTES

PAR LES

BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

PAR

M. A. de BOVET

Le gouvernement autrichien a récemment mis au concours la construction d'un appareil susceptible de faire franchir à des bateaux de navigation intérieure des chutes de grande hauteur.

Ce concours a provoqué une somme de travail considérable puisque le jury, réuni à Vienne durant l'année 1904, s'est trouvé en présence de 198 projets, dont plusieurs comportant diverses variantes, envoyés en proportions inégales, d'un grand nombre de pays.

Notre Président a pensé qu'il y avait là une matière méritant de nous être exposée : il m'a fait l'honneur de me prier de le faire. Je ne pouvais me refuser à pareille demande; je tâcherai du moins de ne pas trahir la confiance qu'il m'a ainsi témoignée.

Le problème du franchissement des grandes chutes n'est pas né d'hier : depuis longtemps déjà il a provoqué de nombreux projets; voire quelques applications rares encore mais couronnées de succès et que vous connaissez tous; je citerai les ascenseurs à presse hydraulique des Fontinettes et de la Louvière, l'ascenseur à flotteur de Henrichenbourg, qui rachètent des chutes variant de 13 à 16 m et, dans un ordre d'idées différent, l'écluse de 9,90 m de chute du canal Saint-Denis.

La question a été tout particulièrement étudiée en Autriche en vue de l'exécution de voies de communication entre le bassin du Danube et les fleuves de l'Allemagne du Nord; les projets de plans inclinés élaborés à cette fin par M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées Peslin datent déjà de plus de quinze ans.

Elle a été abondamment discutée dans les divers Congrès de navigation.

Elle présente un intérêt évident. Le débit possible d'un canal dépend uniquement de celui des ouvrages qu'un bateau doit traverser pour passer d'un bief à un autre, mais l'utilisation du matériel et des hommes qui le conduisent dépend de la vitesse de circulation. Celle-ci à son tour est fonction de deux éléments : 1° la vitesse de marche ; 2° le temps nécessaire au passage des obstacles rencontrés le long de la route. En ce qui concerne le premier, il est, dans chaque cas, assez facile de fixer quelle est la vitesse maxima, toujours faible en somme, compatible avec la dépense de travail que l'on doit consentir. En ce qui concerne le second, il est déterminé par le nombre des obstacles : on conçoit donc l'avantage qu'il y a à réduire le plus possible ce nombre et à n'avoir que de longs biefs et une organisation telle que les bateaux puissent passer de l'un à l'autre en une seule opération. Cet avantage deviendra d'autant plus grand que la régularité de marche se trouvera mieux assurée, et l'on doit considérer comme une chose non seulement possible mais probable que dans l'avenir les grands canaux neufs seront organisés avec, le long de la voie, une distribution de force capable de garantir cette régularité infiniment mieux qu'elle ne l'est par les méthodes actuellement en usage.

Il serait facile de montrer comment la très grande multiplicité des écluses, séparées par des biefs très courts, a empêché tels canaux anciens de prendre l'importance que semblait devoir leur assurer leur situation géographique ou tout au moins de la conserver une fois venu le chemin de fer : autrement dit, on ne se peut plus contenter aujourd'hui de ce qui suffisait jadis.

Sans remonter dans le passé, on a trouvé en Autriche, en étudiant par exemple, le tracé d'un canal destiné à relier le Danube à l'Oder, qu'il était possible de l'exécuter, sur une longueur de 265 km, avec 43 écluses de 5 m de chute chacune environ (ce qui déjà est une belle hauteur comparée à celle des écluses anciennes), mais que si on pouvait faire franchir aux bateaux de grandes chutes il devenait possible de réaliser la même voie avec seulement sept gradins d'une hauteur variant de 15,20 m pour le plus petit à 43,50 m pour le plus grand.

A condition qu'elle soit exécutable la supériorité de la seconde solution sur la première n'est pas douteuse. Sa réalisation n'exige rien qui n'ait fait l'objet d'études et de propositions antérieures : il est certain cependant que jamais encore des élévateurs n'ont été construits pour d'aussi grandes hauteurs et,

comme il advient de toute innovation, les projets présentés n'avaient pas été sans susciter, à côté de l'approbation des uns, la critique des autres. C'est dans ces conditions que le Gouvernement autrichien a voulu provoquer une étude nouvelle et complète de la question en organisant un concours international.

Il y a affecté trois prix de 100 000, 75 000 et 50 000 couronnes, laissant en outre au jury la faculté de proposer l'achat, moyennant 25 000 couronnes, des projets qu'il en jugerait dignes.

Comme il fallait mettre les concurrents en présence des données précises nécessaires à l'élaboration d'un projet susceptible d'être exécuté, on a choisi, sur le tracé du futur canal, au voisinage de Prerau, en Moravie, un point où, sur un terrain dont le levé de détail était fourni et la nature géologique indiquée aux concurrents, les deux biefs à relier sont séparés par une différence de niveau de 35,90 m.

Toute latitude était laissée pour le choix des appareils à employer à condition que ceux-ci :

1° Permettent de transporter des embarcations ayant au maximum 67 m de longueur, 8,20 m de largeur, et 1,80 m de tirant d'eau en charge, capables de porter 600 t;

2° Réduisent au minimum la dépense d'eau;

3° Assurent le passage possible et la sécurité complète de tous les bateaux chargés ou vides, admis à circuler sur le canal, quel que soit leur mode de construction et leur état;

4° Se prêtent à assurer par vingt-quatre heures le passage de trente bateaux dans chaque sens et cela même avec des différences de 0,20 m en plus ou en moins dans le niveau d'eau moyen des biefs.

L'intérêt du problème est loin d'être limité au cas en vue duquel il s'est ainsi trouvé posé : c'est donc avec raison que le programme mentionnait enfin que la préférence devrait être accordée aux projets susceptibles de l'application la plus générale.

Chaque projet devait fournir, outre l'étude complète de l'élévateur proprement dit, celle des voies d'accès, têtes de biefs et bassins de manœuvres.

Il y a lieu de noter (la remarque intéressant tous les systèmes possibles) que le terrain sur lequel devrait être établi l'ouvrage mis au concours est d'allures régulières et à pentes modérées : l'inclinaison d'une ligne joignant les extrémités des deux biefs

serait inférieure à 1/20. Une telle disposition du sol exige nécessairement des dispositifs coûteux pour l'accès à un ouvrage disposé de façon à franchir verticalement la chute totale en une seule fois.

Il est, en outre, à peine besoin de rappeler que pour tout ouvrage s'élevant verticalement il y a une hauteur à partir de laquelle la dépense croît beaucoup plus que proportionnellement à la hauteur.

L'observation que je viens de faire relativement à la forme du sol est spéciale au terrain de Prerau. Elle ne laisse pas, cependant, d'avoir un caractère assez général, car on peut admettre que, même quand il s'agira de régions se prêtant difficilement au tracé d'un canal, ce n'est que bien exceptionnellement qu'on pourra se trouver en présence de terrains escarpés.

Puis, comme vous le savez, les personnes qui croient à la supériorité d'un appareil déterminé hésitent rarement devant les difficultés qu'il peut y avoir à l'adapter à tous les cas possibles, si bien que l'examen de l'ensemble des projets présentés au concours de Vienne équivaut, en fait, à une revue générale des idées de tous ceux qui se sont préoccupés du problème du franchissement des grandes chutes, et vous avez vu qu'ils sont nombreux : je n'aurai que peu de chose à ajouter à propos des projets qui, à ma connaissance, ont été produits postérieurement au concours.

Avant d'aborder l'examen des divers systèmes j'ajouterai que, sur le nombre considérables de projets présentés au jury, quatre-vingt-un purent être éliminés rapidement pour insuffisance manifeste d'études; le surplus se partageait à peu près également entre des systèmes divers, des ascenseurs, des écluses et des plans inclinés.

A la suite d'éliminations successives le jury a accordé :

1° Un premier prix à un projet de plan incliné dû à un consortium d'usines de Bohême;

2° Un second prix à un élévateur tournant, présenté par un groupe d'Ingénieurs allemands.

Il a conseillé l'achat d'un projet d'écluse et de deux projets de plans inclinés dont l'un était envoyé par la Société française de Constructions mécaniques (Anciens Établissements Cail) en collaboration avec une maison autrichienne.

Il a enfin mentionné *deux* projets de plans inclinés dont était dû aux établissements Daydé et Pillé et *trois* projets d'écluses,

l'un de ces derniers présenté par M. Wilhelm, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Gap.

Le jury de Vienne avait à se prononcer sur un cas déterminé sur lequel je n'ai pas à insister. On pourrait être tenté de tirer du classement auquel il est arrivé une induction générale : l'étude de l'ensemble des appareils montrera si et dans quelle mesure cela serait légitime.

Étant donné que je n'aurai à examiner, à bien peu près, que des projets présentés au concours de Vienne, j'admettrai qu'il s'agira toujours d'appareils susceptibles de transporter un bateau ayant les dimensions indiquées ci-dessus.

Élévateurs divers.

J'ai groupé dans cette catégorie des appareils correspondant à des conceptions très diverses.

Laissant de côté ceux qui sont par trop fantaisistes, je signalerai d'abord ce qu'on pourrait appeler le système du sas plongeur. Ce sas dans lequel on doit introduire le bateau flottant est formé d'un cylindre assez long pour contenir un bateau de 67 m, d'un diamètre d'environ 9 m, muni de portes aux deux extrémités, avec le long de la partie inférieure des sortes de compartiments de water-ballast, grâce auxquels, en faisant varier la quantité d'eau contenue, on peut donner à l'ensemble un poids inférieur ou supérieur à celui du volume d'eau déplacé. Lège, il flotte à la surface d'un grand puits en maçonnerie ou en béton armé, et peut être accosté à l'extrémité du bief supérieur; chargé, il descend dans ce puits, dont la section est suffisante pour le contenir avec ses guidages, et vient jusqu'au niveau du bief inférieur, tel un ludion.

Seulement c'est un bien grand ludion, difficile à guider, qui doit résister, en bas, sans perdre ni sa forme ni son étanchéité, à une pression de plus de trois atmosphères : la fermeture du sas seul; la fermeture combinée, à la partie inférieure, du flotteur et du sas, sont malaisées. L'ensemble, s'il a l'avantage de ne pas dépenser d'eau, prête évidemment à beaucoup d'objections.

Viennent ensuite, dans la même catégorie des appareils dérivant des grandes roues, telles qu'on en a vu une (on la voit encore) à Paris.

Les cabines multiples mises à la disposition du public sont ici

remplacées par deux sas : la roue doit avoir environ 70 m d'épaisseur et un diamètre tel qu'un point pris sur le plan d'eau d'un sas décrive dans un plan vertical un cercle de 35,90 m de diamètre. L'appareil est à double effet, un bateau montant d'un côté tandis qu'un second bateau descend de l'autre.

Si au lieu d'une roue entière on ne prend que deux secteurs opposés par le sommet, on a, au lieu d'un système tournant, un système oscillant, toujours à double effet, mais qui exige que chacun des biefs amont et aval vienne se terminer en deux branches desservant chacune un des côtés de l'ascenseur. Dans l'un comme dans l'autre cas, l'axe de rotation est parallèle à la direction des têtes de biefs.

On a également étudié des appareils oscillant, non plus autour de leur centre de figure, mais autour d'un axe reporté au voisinage du sol et disposé non plus parallèlement mais perpendiculairement à la direction d'arrivée des têtes de biefs pour porter un sas contenant un bateau et équilibré par un contrepoids. Si on veut un ensemble à double effet il faut y avoir deux appareils à côté l'un de l'autre et ici encore terminer en Y les têtes de biefs.

Les systèmes que nous avons appelés « plongeurs » se prêtent évidemment à franchir en une seule fois toute hauteur de chute moyennant une dépense qui doit croître singulièrement vite.

Les grandes roues ne se peuvent adapter qu'à des chutes déjà assez élevées, soit au minimum environ 20 m : il est évident qu'elles ne sauraient pratiquement être étendues à des hauteurs d'élévation considérables, sensiblement plus élevées, par exemple, que celle que nous avons considérée.

Les systèmes oscillants, eux, ne peuvent, à moins d'aborder des dimensions inacceptables, s'adapter qu'à des chutes inférieures à celles auxquelles des roues peuvent encore atteindre. Pour la hauteur considérée il faut déjà diviser la chute en deux.

Tous les systèmes tournants ou oscillants exigent un équilibrage très exact, facile à réaliser dans l'espèce, quel que soit le tonnage du bateau à transporter, en réglant toujours au même niveau l'eau contenue dans le sas. Tous réduisent évidemment au minimum la consommation d'eau.

Cela, sur le papier, fait assez bonne figure ; mais il faut songer aux dimensions vraies. Un sas seul avec un bateau va peser plus d'un millier de tonnes à reporter sur un petit nombre de points de suspension autour desquels la rotation doit se faire

bien régulièrement car la plus grosse partie du poids est mobile. Ce poids, augmenté de celui de la roue, des balanciers et contrepoids s'il y en a, est à reporter sur l'axe ou sur quelques rouleaux; il y a là des difficultés de construction et des aléas d'exploitation sur lesquels je n'insiste pas.

Un appareil, cependant, appartenant au groupe qui nous occupe, a retenu particulièrement l'attention du jury et, finalement obtenu de la majorité une des premières récompenses du concours. Il mérite une mention spéciale, d'autant plus que la solution est, au point de vue mécanique, d'une ingéniosité tout à fait remarquable.

C'est un grand tambour de 52,5 m de diamètre et de 70 m de longueur, dont les deux bases et toute la surface cylindrique sont fermées, couvertes par des tôles rivées.

Il n'a pas d'axe matériel de rotation et flotte simplement dans un bassin plein d'eau, formant prolongement du bief inférieur, d'où suppression de toute difficulté pour établir les fondations et supporter correctement un poids formidable. Sur la circonférence des deux bases sont attachées des roues dentées engrenant avec des pignons calés sur l'arbre moteur, installé au bord du bassin parallèlement à l'axe du cylindre. Les centres de ces deux bases sont reliés à cet arbre par deux bielles; celui de la base arrière est rattaché au mur de fond par un arrêt qui ne peut que glisser dans une coulisse centrée sur ce même arbre, de sorte que, en réalité, le tambour ne peut que : ou tourner sur lui-même, sous l'action des pignons moteurs, ou, s'il doit subir des déplacements quelconques, du fait de sa charge, ou des variations du niveau de l'eau, etc., etc., tourner autour de l'arbre qui porte les pignons. Ceci, bien entendu, sous réserve des déformations possibles, et surtout des mouvements parasitaires que peut permettre le jeu qu'il est indispensable de laisser entre les dents des roues et des pignons.

Les deux sas cylindriques dans lesquels doivent pénétrer les bateaux et qui sont amenés successivement, par la rotation du tambour, aux niveaux des biefs inférieur et supérieur, sont fixes par rapport au reste de la construction du tambour dont ils font partie. Pendant la rotation, l'eau contenue dans ces sas reste à leur partie inférieure avec le bateau qu'elle porte attaché à une sorte de gril en bois qui l'entoure, mais qui doit le laisser libre d'accompagner le mouvement qu'elle prend par rapport aux parois.

Avec ses sas normalement chargés, avec toutes les dispositions destinées à assurer sa rigidité, le tambour pèse dix mille tonnes. La vitesse de rotation est lente, l'équilibrage parfait; il suffit, pour assurer les manœuvres, d'une machine de 75 à 80 ch. La liaison avec le bief supérieur est prévue dans une forme parfaitement acceptable et l'ensemble étudié avec le plus grand soin semble bien être en état, comme l'assurent les inventeurs, de résister à tous les efforts auxquels il peut être exposé, voire même aux conséquences possibles de la vidange accidentelle d'un sas. La conception étant par ailleurs très séduisante, il n'est pas étonnant qu'un tel projet ait été très remarqué. Il est permis cependant de conserver des doutes au sujet de l'application spéciale en vue de laquelle il a été établi, et, si grande que l'on estime la sûreté de fonctionnement du tambour lui-même, de se demander s'il y a une sécurité suffisante pour le bateau flottant librement dans un sas entraîné dans le mouvement de rotation de l'ensemble. Il faut considérer, en effet, que soit sous l'action du vent, soit sous celle des vagues qui peuvent se propager dans le bassin inférieur, les mouvements parasitaires possibles auxquels nous avons fait allusion peuvent se traduire par des inclinaisons très sensibles de l'axe du tambour par rapport à un plan horizontal, mouvements que l'action de l'eau contenue dans les sas tendra toujours à accentuer, jamais à corriger.

Au point de vue de la généralité possible de ces applications, cet appareil se trouve dans le même cas que les grandes roues.

Je dois mentionner encore un système que ses auteurs ont produit postérieurement à la clôture du concours de Vienne, et dont le principe est ingénieux. Imaginez une tour de construction quelconque dont la surface intérieure cylindrique supporte un rail disposé suivant une hélice. La tour a un diamètre inférieur à la longueur du sas qui passe dans deux rainures-guides diamétralement opposées. Sous le sas une plaque tournante porte des chariots (avec leurs moteurs électriques) qui en roulant sur le chemin hélicoïdal provoquent la montée et la descente. L'ensemble est équilibré par des contrepoids répartis sur la circonférence de la tour, le travail à dépenser pour produire le mouvement est donc faible. La disposition est intéressante, équivalant à un plan incliné enroulé sur lui-même, mais dans lequel, si les multiples contrepoids fonctionnent bien, la charge sur les roues des chariots est faible : elle peut s'adapter à toutes hauteurs, mais à quel prix ?

Il peut y avoir en tout ceci, soit dans la conception, soit dans l'étude des moyens d'exécution, beaucoup d'ingéniosité : je pense que c'est dans d'autres voies que l'on doit trouver des solutions générales plus simples si la chute n'est pas très haute moins coûteuses si elle est considérable.

Ascenseurs verticaux.

En dehors de quelques conceptions plus originales que pratiques, les projets à classer dans cette catégorie n'ont guère fait que reproduire, en les amplifiant, les dispositions connues déjà soit par les applications qui en ont été faites, soit par les propositions dont elles ont antérieurement été l'objet.

C'est d'abord l'ascenseur hydraulique classique, à un piston par sas (quelques constructeurs persistent à étudier des dispositifs comportant plusieurs pistons par sas, je pense qu'il est inutile d'y insister) piston établi avec un diamètre correspondant au poids à soulever, ce qui ne comporte pas de réelle difficulté. Si on divise la chute en deux, cela va tout seul avec à chaque gradin un appareil double : ce peut être plus délicat si on ne met qu'un sas à chaque gradin en les équilibrant toujours l'un par l'autre par l'intermédiaire d'une très longue conduite à très haute pression, devant laquelle on a reculé jusqu'à présent en dépit des propositions déjà anciennes. Cela semble beaucoup plus délicat encore si on fait, comme plusieurs projets l'indiquaient, franchir toute la chute en une fois avec un piston de 36 m de course, et comme la dépense devient alors considérable cela fait deux raisons pour une d'hésiter.

Ce sont ensuite les systèmes à flotteurs. L'appareil capable d'élever un bateau de 600 t existe à Henrichenbourg où il fonctionne bien. Les modifications proposées n'ont pas paru au jury constituer des améliorations. Ici encore, l'expérience acquise le prouve, on peut monter à coup sûr en divisant la chute en deux; ici encore il est naturel d'hésiter devant l'aléa et l'excès de dépenses s'il s'agissait de la franchir en une fois.

Viennent enfin les ascenseurs funiculaires. Ici la difficulté vient plus de la grandeur des poids à soulever que de la hauteur d'élévation. Si l'on veut adopter un sas équilibré par des contrepoids, des appareils dérivés du système proposé en 1881 pour le canal de la Marne à la Saône, avec les modifications indiquées à cette époque par M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

Cadart, semblent offrir, avec une simplicité qui a son prix, une suffisante sécurité. Si on a reculé devant leur application quand il ne s'agissait que de bateaux de 300 t, il y a lieu tout au moins à hésiter du moment qu'il faut lever des bateaux de 600 t. Si on veut employer deux sas s'équilibrant l'un par l'autre, la nécessité de multiplier les organes de suspension, la difficulté de se prémunir contre les dangers qui peuvent résulter de la rupture de quelques-uns d'entre eux, l'obligation d'assurer toujours l'égale répartition des charges, ont provoqué l'étude de mécanismes fort ingénieux, de combinaisons de balanciers plutôt compliquées, constituant parfois des solutions théoriquement élégantes, mais la solution élégante, quand il s'agit de masses aussi considérables et en grande partie essentiellement mobiles, n'est-elle pas une solution inquiétante ?

En somme, dans la classe des ascenseurs verticaux, si on écarte ce qui peut sembler vraiment trop hasardeux, le concours de Vienne ne me paraît pas avoir apporté de solutions nouvelles.

Écluses.

Je ne parlerai pas de quelques rares projets comportant des escaliers d'écluses : ils correspondent tout justement à ce que l'on cherche à éviter.

Je n'insisterai pas non plus sur les systèmes étudiés en vue d'assurer l'éclusage sans aucune dépense d'eau, soit au moyen de grandes caisses flottantes que l'on peut alternativement remplir et vider, tel le système Schnapp, soit au moyen de flotteurs dissymétriques que l'on peut faire tourner (notre collègue M. Mallet en a décrit un dans un de nos derniers bulletins), soit au moyen de grandes chambres closes et étanches et de pompes à air. Il me paraîtrait vraiment plus simple et plus sûr, en tant que faire, de pomper tout bonnement du bief inférieur dans le bief supérieur l'eau dépensée par une éclusée.

Mais, à côté de ceux-là, le concours de Vienne a provoqué la production de projets d'écluses très intéressants étudiés les uns pour franchir la chute totale en une fois, les autres pour la passer en deux gradins de 18 m chacun.

Tous recourent à l'emploi du béton armé avec de très nombreux étages (en général 6 ou 12) de bassins d'épargne ménagés dans la totalité du massif de béton qui entoure le sas. Ainsi conçue, l'écluse n'est plus une fosse à peu près complètement

enterrée dans le sol, mais constitue un grand massif tout à fait dégagé et entièrement accessible sur trois de ses faces. Des puits ménagés dans le massif communiquent à la partie inférieure avec le fond du sas, et sur les divers points de leur hauteur, avec les bassins d'épargne successifs par des ouvertures fermées par des vannages — notamment par des vannes cylindriques qui sont d'un usage éprouvé.

Il faut, naturellement, que la manœuvre successive des vannes à mesure que l'eau monte ou descend, se fasse très vivement et sans aucune perte de temps : elles sont à l'ordinaire actionnées par des moteurs électriques. Il a été proposé de faire fonctionner automatiquement la commande de ces appareils par l'intermédiaire de flotteurs disposés dans le sas : mieux inspirés, à notre avis, sont les auteurs qui ont franchement laissé la commande aux soins d'un éclusier.

Il semble bien qu'avec ces nombreux bassins d'épargne à très grande surface et avec les dimensions qu'il faut donner au sas pour le passage des bateaux prévus, la dépense d'eau pour une éclusée (un bateau montant et un descendant) peut être réduite à environ 5 000 m³, soit une économie des trois quarts de volume d'eau d'un sas unique d'une écluse de 36 m ou du double sas de deux écluses de 18 m.

Avec ces dernières, il faut naturellement disposer d'un bief intermédiaire assez vaste pour que le niveau de l'eau n'y soit pas influencé de façon excessive par le fonctionnement des écluses et pour que les bateaux s'y puissent croiser afin qu'il ne soit pas nécessaire de faire franchir à celui qui va dans un sens le double gradin avant d'admettre celui qui va dans un sens inverse.

Même ainsi le prix d'une double écluse est infiniment moindre que celui d'une écluse unique de hauteur double : moitié d'après les devis fournis avec quelques projets. En dépit de l'avantage qu'il y aurait à transporter un bateau d'un bief à l'autre en une seule opération, si l'on estime, comme cela semble vraisemblable, que la construction d'un ouvrage de près de 40 m de hauteur serait en l'état actuel un peu hasardeuse, on voit que la prudence se trouve tout à fait d'accord avec les exigences d'une saine économie,tout comme dans le cas des ascenseurs et plus encore ici que dans le cas des ascenseurs.

Même ainsi, il n'en reste pas moins que le concours a apporté, en ce qui concerne les écluses, des études très intéressantes.

des projets qui semblent parfaitement acceptables et dont la réalisation, si elle répond aux prévisions, étendrait considérablement le domaine qui leur a été jusqu'ici abordable. Évidemment, l'appareil perd beaucoup de sa simplicité dont on s'est plu à lui faire un mérite essentiel, mais il arriverait à atteindre, à des prix parfaitement admissibles, jusqu'aux élévations queseuls les ascenseurs ont encore permises et dont on peut estimer qu'elles sont bien près de la limite qu'ils ne pourraient pas beaucoup dépasser sans dépenses exagérées.

Plans inclinés.

Avec les plans inclinés on n'a plus nécessairement les mêmes obligations d'équilibrage rigoureux qu'avec les systèmes précédemment décrits. Il devient donc possible d'envisager l'éventualité du transport à sec qui peut permettre de réduire sensiblement le poids à traîner. Je ne crois pas, pour ma part, que ce mode de transport soit acceptable pour des bateaux de navigation intérieure qui, d'après les données du programme, peuvent être de formes, de construction et d'âge quelconques. Étant donné qu'il s'agit en l'espèce de bateaux très lourds, rien dans les projets présentés à Vienne n'est venu modifier ce sentiment.

Si le bateau doit être transporté flottant, il devient difficile d'adopter une voie avec deux pentes opposées et un sommet situé plus haut que le niveau du bief supérieur. Ce serait à la rigueur possible si le bateau est porté en travers et si les pentes sont faibles ; or, la raison d'être de l'adoption d'un plan en travers serait la possibilité d'aborder de fortes pentes. Ou bien alors il faut recourir à des artifices qui compliquent singulièrement l'ensemble du dispositif. Par exemple, dans le cas d'un plan en long, le sas est suspendu à des chariots roulant sur quatre voies disposées de part et d'autre et reportées au-dessus du sol au moyen de constructions en maçonnerie ou en métal : les chariots d'avant roulent sur deux de ces voies, ceux d'arrière sur les deux autres ; les deux systèmes de voies chevauchent verticalement l'un par rapport à l'autre, de telle façon que le sas conserve toujours son horizontalité. On peut ainsi, à la rigueur, suivre toutes les sinuosités du sol, mais cela est cher, et, avec les gros poids à considérer, donne des charges bien lourdes sur un petit nombre de supports ou de points de suspension. Par exemple encore, le sas arrivé au sommet est transporté horizontalement du chariot qui

l'a amené sur une des deux pentes sur un autre chariotdispo sé pour le conduire sur l'autre pente : cela est applicable surtout dans le cas de plans en travers, mais c'est encore bien compliqué pour des bateaux lourds.

Si le plan est à une seule pente, on a nécessairement une tête sèche à l'extrémité du bief supérieur; il n'y a pas d'impossibilité à laisser descendre le chariot dans l'eau du bief inférieur. Je crois cependant qu'il vaut mieux, là encore, avoir une fosse sèche, ne fût-ce que parce que c'est la disposition qui s'accommode le mieux avec les moyens qui paraissent les meilleurs pour disposer les moteurs.

Cela étant, le plan peut être longitudinal ou transversal. Je rappellerai que la première dénomination s'applique au cas où le bateau est transporté dans le sens de sa longueur, le second au cas où il est transporté perpendiculairement à sa longueur. La forme du terrain de Prereau appelait tout naturellement un plan longitudinal; il n'est donc pas étonnant que les projets les plus nombreux aient prévu une telle disposition et que ce soit parmi eux que le jury ait estimé trouver les meilleurs.

Sauf à revenir ultérieurement sur les plans transversaux, je m'occuperai d'abord des plans longitudinaux et, sans m'attacher à tel ou tel projet, j essaierai de montrer combien les dispositions proposées aujourd'hui par beaucoup d'auteurs diffèrent de celles imaginées au début.

A Prerau, la disposition du sol amène à adopter une pente comprise entre $^1/_{20}$ et $^1/_{25}$ correspondant à une longueur de plan d'environ 800 m. Disons, d'une façon générale, qu'il s'agit d'une pente faible et d'une grande longueur de voie.

On est généralement d'accord aujourd'hui qu'au lieu de relier le chariot à des moteurs placés en tête de plan au moyen de long câbles exposés notamment à fouetter et à imprimer des secousses au sas plein d'eau, il est préférable de placer les moteurs sur le chariot. C'était difficile avec des moteurs à vapeur et des chaudières, à cause de l'augmentation de poids; c'est maintenant facile avec des moteurs électriques.

L'appareil est généralement conçu avec deux voies et deux chariots dont l'un monte pendant que l'autre descend : on les peut relier par des câbles, voire par des chaînes (on a proposé une tige articulée portée par de petits chariots sur une voie distincte) et les équilibrer ainsi l'un par l'autre. Les organes de liaison sont difficiles à régler et à maintenir réglés, de façon à

assurer l'accostage bien simultané aux fins de course; on y peut arriver en faisant aboutir les extrémités des câbles à des pistons de presses hydrauliques, c'est déjà une complication. Ces longs organes traînants ne donnent sur d'aussi faibles pentes qu'une récupération médiocre tout en exigeant un nombre considérable de supports qu'il faut entretenir et graisser. Bien inspirés, à mon avis, sont les auteurs très nombreux qui, jugeant que l'équilibrage mécanique apporte dans ces conditions plus de complications que d'avantages, proposent d'y renoncer purement et simplement.

Chaque chariot marchant alors par lui-même, il n'y a plus aucune difficulté pour régler les accostages. Les dynamos, qui ont déjà l'avantage de donner une propulsion sans heurt, peuvent, en outre, facilement faire face au coup de collier de démarrage du sas montant, et, fonctionnant comme génératrices sur le sas descendant, lui assurer un freinage moelleux : des freins mécaniques n'ont à intervenir qu'en cas d'accident.

Le courant produit par les dynamos du sas descendant peut, durant les périodes de manœuvre où il a une allure très irrégulière, être absorbé par des rhéostats; une fois la marche normale établie, il est naturel de l'utiliser; la récupération électrique est donc non seulement possible, mais imposée par la nécessité de freiner le chariot avalant. On y peut employer des accumulateurs; il est plus simple d'organiser le service de façon qu'en principe un des sas monte pendant que l'autre descend, le courant produit par le second étant directement utilisé par le premier : la récupération, dans ces conditions, peut atteindre environ 45 0/0.

Si, exceptionnellement, on marche avec un seul chariot, il est possible d'utiliser comme appareil récepteur pendant la descente une pompe centrifuge remontant de l'eau du bief inférieur dans le bief supérieur (la récupération est naturellement moindre). Si, comme ce sera probablement souvent le cas, au lieu d'avoir une station spéciale à chaque chute on a une distribution générale de courant le long du canal, le courant produit pendant la descente sera dans tous les cas simplement reversé dans le réseau.

Je viens de supposer que, tout en ayant deux voies, on pourrait parfois monter avec un seul sas. Cela peut arriver, à tout le moins en cas d'avarie, à l'un des chariots, et c'est là encore un des grands avantages de l'indépendance laissée à chaque sas qu'un tel accident n'arrêtera pas entièrement la circulation, comme cela arriverait avec les autres dispositifs à double effet.

L'ensemble des avantages résultant de cette indépendance est tel que, parmi ceux qui restent systématiquement partisans d'un équilibrage mécanique, plusieurs proposent d'équilibrer, non plus un sas par l'autre, mais chacun individuellement au moyen de contrepoids distincts. Il a même été étudié des dispositifs très ingénieux pour compenser les variations du poids des organes de liaisons qui vont s'allongeant et se raccourcissant alternativement, mais on peut juger qu'il y a là une recherche d'approximation excessive, étant donnée la faculté d'adaptation des dynamos à de grandes variations d'efforts.

Avec l'organisation que je viens d'indiquer le conducteur est placé sur le chariot, dans une cabine où il a, sous la main, tous les appareils de manœuvre.

Sur des pentes aussi faibles le chariot peut cheminer par adhérence si on rend motrices la presque totalité des roues porteuses. Il est, je crois, préférable de recourir à l'emploi d'une crémaillère qui permet l'emploi de moyens de freinage très efficaces et qui donne plus de sécurité en cas de gelées légères.

La déclivité étant très petite, en cas d'accident aux machines ou de manque de courant, des freins assurent complètement la sécurité. Il peuvent être actionnés soit par de l'air, soit par de l'eau comprimée; il faut en tous cas disposer d'air sous pression pour assurer au moins la bonne fermeture des portes. Le chariot porte donc, outre le sas et la cabine de manœuvre, les installations de compression nécessaires.

Une des difficultés du problème — une forte partie du poids étant mobile — est d'assurer une bonne répartition de la charge sur les organes de translation. Pour ceux-ci, on a proposé jadis d'employer des patins hydrauliques; je ne crois pas devoir insister sur les inconvénients du procédé devant la rareté des propositions faites en vue de son emploi. On a proposé aussi des rouleaux; l'obligation du relevage des chaînes de rouleaux n'est pas sans apporter une complication sérieuse. La plupart des auteurs adoptent simplement des roues. Le poids du sas peut être reporté sur ces roues par l'intermédiaire de presses hydrauliques communiquant toutes entre elles et, en théorie au moins, la méthode est parfaite, mais si on arrive (pour prendre un exemple) à avoir sur soixante-quatre trucks autant de presses à entretenir, il semble qu'il y ait là de quoi faire hésiter ceux qui devront prendre charge de l'exploitation.

En somme, je ne vois pas de difficulté à admettre, avec la

majorité des auteurs de projets, que le sas soit simplement porté par des roues avec ressorts interposés, sur des voies établies dans des conditions de grande rigidité, à l'ordinaire prévues avec traverses en fer noyées dans un important massif de béton, sauf à prendre des précautions de toutes façons nécessaires pour empêcher le plus possible les mouvements de la partie mobile de la charge, eau et bateau : c'est un point sur lequel je reviendrai plus loin. Il est facile de distribuer ces roues et de régler ces ressorts de façon à obtenir une répartition correcte de la charge et d'en avoir un assez grand nombre pour qu'elles puissent subir quelque surcharge accidentelle.

Les dispositions peuvent être très diverses. Je citerai comme exemples extrêmes : 1° un chariot, marchant par adhérence, porté par quarante essieux munis à chaque bout d'une roue à double jante et boudin central, d'où quatre files de chacune deux rails et une charge, par essieu, de 40 t ; 2° un chariot marchant sur crémaillère, porté par deux files de chacune 52 roues à jante cylindrique très large, circulant sur deux gros rails à tête plate ; la charge par roue est de 10 t. Dans ce second cas, le guidage est assuré et les surcharges de quelques parties du chariot sont soulagées par quelques roues circulant sur une voie spéciale qui fait partie de la crémaillère.

On voit par ces deux exemples qu'il est facile de mettre si l'on veut plus de roues que dans le premier cas sur la longueur ou plus que dans le second sur la largeur.

Le jeu possible des ressorts a toutefois des inconvénients très sérieux, au point de vue de l'emploi des crémaillères. On y peut remédier, comme cela a été proposé dans divers projets, en prenant des crémaillères à dents verticales disposées sur les côtés.

Le projet premier primé apporte une solution plus ingénieuse. Il comporte l'emploi de deux moteurs, indépendants l'un de l'autre. Chacun d'eux, avec ses organes de réduction de vitesse, et son pignon à axe horizontal qui engrène avec la crémaillère, est porté par un petit chariot, complètement distinct de celui du sas, dans lequel il est simplement enclavé, et auquel il est relié élastiquement. Il pousse ou retient le grand chariot par pression des cadres qui le limitent et porte, partie sur les saillies de la crémaillère par des roues qui lui sont propres, partie sur la crémaillère elle-même par les pignons, mais toujours avec un poids constant, quelle que soit le charge du sas.

Reste une autre difficulté qui est d'arriver à empêcher ou

tout au moins à atténuer dans une mesure suffisante l'effet des variations de vitesse de chariot sur l'eau et sur le bateau.

Il est certain que la douceur des démarrages et des accélérations que l'on peut obtenir par l'emploi des moteurs électriques, apporte un important élément de sécurité. La plupart des concurrents s'en sont contentés; cela paraît cependant insuffisant, ne fût-ce qu'à cause de la possibilité, en cas d'accident, d'un arrêt brusque.

Il a été proposé de maintenir le bateau par les flancs au moyen d'un petit nombre de pistons à air comprimé dont les extrémités des tiges peuvent être reliées au moyen de traverses articulées et qui ont été étudiées de façon à obvier aux inconvénients que pourrait avoir un effort exercé normalement à la direction de ces tiges. Étant donné qu'il y a de l'air comprimé à bord du chariot et que le nombre des presses est assez faible pour ne pas introduire de complications d'entretien, cela est parfaitement acceptable.

Je dois signaler une solution très ingénieuse consistant à disposer sur le fond du sas de gros pneus sur lesquels on échouerait légèrement le bateau. C'est non pas du tout du transport à sec, mais de l'échouage partiel : cela a été proposé déjà, mais non que je sache dans des conditions aussi satisfaisantes. A considérer par exemple un bateau chargé de 600 t au tirant d'eau de 1,80 m, pour l'échouer de façon telle que, en marche à une vitesse de 1 m, il résiste à tout entraînement en cas d'arrêt brusque, sans tenir compte du fait qu'il est par ailleurs attaché, il suffit de le dénoyer de 0,36 m. Dans ces conditions il apparait que les parois restent suffisamment soutenues tandis que les parties du fond, portées sur un matelas d'air, ne fatiguent pas d'une façon anormale par rapport aux parties voisines qui restent soumises à une suffisante pression d'eau. Si les pneus sont disposés en travers ils servent en outre à soustraire aux mouvements la tranche d'eau de hauteur correspondante et en tous cas le bateau n'est plus exposé à venir talonner sur le fond avec une vitesse acquise.

Il y a là un ensemble de moyens qui, combinés avec l'amarrage du bateau, avec, au besoin, les rideaux proposés jadis par M. Pertois, semblent devoir donner une sécurité suffisante pour que l'on puisse admettre la possibilité de marcher à une vitesse de 1 m. Je serais surpris si la pratique ne montrait pas qu'on peut aller à plus.

On le voit, cela ne ressemble plus aux projets d'autrefois. Un chariot complet, ainsi compris, pèse de 2 200 à 2 400 t. Il est clair que si la pente est plus forte que je ne l'ai supposée, tout en restant dans les limites qui comportent l'adoption d'un plan en long, il faudrait par sécurité conserver l'équilibrage mécanique soit d'un sas par l'autre, soit de chaque sas par des contrepoids et j'ai indiqué plus haut le dispositif généralement proposé en ce cas pour assurer le réglage des câbles, qui du reste ont alors moins de longueur.

Si la pente devient très forte, la voie alors courte, il devient très tentant de recourir à l'emploi d'un plan en travers, le système se recommandant par de sérieux avantages. Il y a cependant une grosse difficulté qui est d'assurer, sous l'action simultanée d'un grand nombre d'organes d'équilibrage mécanique (qui est alors indispensable), la translation correcte d'un chariot de très grande largeur, roulant sur un grand nombre de voies, mais qui n'est plus guidé par les rails que sur une très petite longueur dans le sens du mouvement. Il n'a pas paru, dans les projets présentés, que cette difficulté soit résolue d'une façon assez sûre et assez simple.

Puis, je le répète, il sera en somme bien rare que l'on ait à disposer de tels ouvrages sur un terrain presque escarpé et si, en l'état actuel de la question, il semble plus sûr de faire un plan longitudinal, il y a apparence qu'on pourra toujours trouver un tracé qui s'y prête, la hauteur que le système peut franchir étant aussi grande qu'on le voudra, avec des dépenses simplement proportionnelles à cette hauteur, sauf celles relatives à l'organisation des têtes de bief, mais celles-là on les retrouve dans tous les systèmes.

Je n'ai pas parlé des moyens à employer pour assurer les fermetures ou les manœuvres des portes, soit des sas, soit des biefs : le problème est le même dans tous les cas, on le sait résolu de façon satisfaisante dans des installations existantes.

Je n'ai pas parlé davantage des moyens de production de la force motrice nécessaire, il n'y a de ce chef aucune difficulté, soit que l'on construise une usine près de chaque élévateur, soit que l'on dispose le long du canal d'une ligne de distribution.

En ce qui concerne la quantité de travail à dépenser, celle-ci est très faible dans les appareils verticaux équilibrés et peut être fournie par une légère surcharge d'eau dans le sas descendant. Elle devient importante dans le cas de plans inclinés,

équipés comme je l'ai dit; il faut alors disposer de 1 200 à 1500 ch tout au moins pour pouvoir faire face momentanément aux exigences d'une marche avec un seul sas.

Je dois ici faire une remarque. J'ai indiqué que, dans le cas d'écluses organisées avec de nombreux bassins d'épargne, de façon à réduire au minimum la consommation d'eau, celle-ci peut descendre théoriquement à presque 5 000 m³. Pour une hauteur de chute de 36 m ils correspondent à 180 000 000 de kilogrammètres. L'élévation à la même hauteur d'un sas pesant, avec son chariot, 2 200 t, on demande théoriquement 80 000 000, de sorte qu'en tenant compte du rendement de tous les appareils à faire intervenir, l'eau à dépenser pour une éclusée serait susceptible de fournir plus que le travail nécessaire à la manœuvre du plan correspondant sans même avoir égard à ce que les conditions mêmes de marche amènent à récupérer.

Si donc on peut consentir cette dépense d'eau, il est possible de l'utiliser pour l'usine génératrice. Si on ne le peut pas, il faudrait alors, dans le cas d'une écluse, compliquer celle-ci des appareils quelconques nécessaires pour l'éviter.

D'une façon générale, les divers systèmes proposés paraissent susceptibles de faire face à l'intensité de circulation exigée par le programme.

D'une façon générale encore, les appareils verticaux de très grande hauteur atteignent des prix excessifs. Si, avec ces appareils, on divise la chute en deux, pour la hauteur considérée de 36 m, un système de deux écluses successives avec bassin d'épargne ou un plan longitudinal à deux voies, semblent devoir coûter sensiblement le même prix (le grand tambour coûte plus cher, mais pas beaucoup plus), seulement avec les premières une avarie quelconque arrête la circulation, avec le second il y a toute probabilité que les deux chariots ne seront pas arrêtés en même temps.

Il ne s'agit en tout cas que de bateaux de navigation intérieure. La tendance actuelle, pour la navigation comme pour les chemins de fer, est à l'augmentation de capacité des véhicules. En fixant celle-ci à 600 t, le programme de Vienne semble avoir tenu très largement compte de cette tendance, car il n'y a pas apparence que, de longtemps encore tout au moins, on prétende, en dehors peut-être de cas très exceptionnels, ouvrir l'accès des canaux aux très grandes embarcations qui peuvent circuler sur quelques fleuves.

Le jury avait à se prononcer sur un cas déterminé. Si l'on veut essayer de tirer une indication plus générale de l'examen auquel je viens de me livrer, il me semble (ceci bien entendu n'est qu'une opinion personnelle) que l'on peut en conclure :

1° Qu'il est possible d'employer des écluses jusqu'à des hauteurs qu'on n'a abordées encore qu'avec des ascenseurs verticaux, disons de 15 à 20 m, et qu'on peut le faire avec une consommation d'eau acceptable, à condition de consentir des sacrifices sur la simplicité que l'on s'accorde à considérer comme un des principaux avantages de ces appareils ;

2° Qu'au delà de ces hauteurs et d'une façon tout à fait générale, on peut recourir, dans des conditions satisfaisantes de sécurité et de dépense, à des plans inclinés, tout au moins à des plans longitudinaux établis avec des pentes faibles.

CHRONIQUE

N° 308

SOMMAIRE. — Emploi des gaz de hauts fourneaux pour la production de l'électricité. — Locomotives à crémaillère pour l'Afrique du Sud. — Oscillations des locomotives sous l'action de diverses forces perturbatrices. — Renversement de wagons par le vent. — Production et commerce du soufre au Japon. — L'industrie des allumettes en Suède. — Échauffement du charbon en masses.

Emploi des gaz de hauts fourneaux pour la production de l'électricité. — On avait fondé certaines espérances sur la possibilité d'obtenir l'électricité dans des conditions très économiques au moyen de moteurs se servant des gaz de hauts fourneaux, la fonte devenant en quelque sorte un sous-produit, qui abaisserait, dans une large mesure, le prix de revient de travail employé à la production du courant.

Nous trouvons dans l'*Iron and Coal Trades Review*, qui le reproduit de l'*Electrochemical and Metallurgical Industry*, un intéressant travail de M. F. Du P. Thomson, de Buffalo, qui discute la question, et fait voir qu'elle est loin d'être aussi simple qu'elle peut le paraître à première vue.

Pour qu'on puisse songer à employer à la production du travail l'excédent du gaz des hauts fourneaux, il faut d'abord qu'il y ait une demande pour ce travail. Si cette condition n'est pas remplie, il n'y a pas lieu de songer à installer des machines soufflantes mues par les gaz, à moins que le prix de ces machines ne soit inférieur à celui des moteurs semblables mus par la vapeur, chaudières comprises ; mais, s'il y a possibilité de placer ce travail, dans une distance acceptable, on peut obtenir des résultats très avantageux.

Une condition essentielle, toutefois, est que la force à utiliser soit constamment disponible. Elle est empruntée aux gaz de hauts fournaux, or, la production de ceux-ci est soumise à bien des vicissitudes; on peut avoir à éteindre un haut fourneau, pour refaire sa garniture. parce qu'on manque de coke ou d'autre matière, parce que les conditions commerciales sont défavorables, par suite de grèves enfin; il peut se présenter des obstructions ou des troubles dans l'allure, qui arrêtent la production des gaz plus ou moins longtemps. On serait donc conduit à grouper au moins trois hauts fourneaux dans une installation destinée à fournir régulièrement de la force pour la consommation publique. Les recettes provenant de la fourniture de cette force devront donc pouvoir assurer la marche continue de deux de ces hauts fourneaux, si les conditions commerciales ne permettaient pas de les maintenir en feu pour la production seule de la fonte.

Il n'y a guère que les moteurs hydrauliques situés dans des emplacements bien choisis qui soient complètement à l'abri du chômage. Les

machines à vapeur et les moteurs à gaz pauvre sont dépendants de leur alimentation en combustible, laquelle dépend elle-même de l'extraction et du transport. Le haut fourneau est, en plus, soumis à l'obligation de fonctionner en dépit de toutes les difficultés que peut éprouver son alimentation en charbon, castine, minerai, il dépend du four à coke, des chemins de fer, sans compter les risques qui lui sont personnels.

Pour le mettre à l'abri de ces derniers, il faudrait lui adjoindre une installation auxiliaire de gazogènes, mais ce ne serait qu'un remède partiel; il resterait toujours la question du combustible, et le prix du travail produit serait grevé d'une charge additionnelle qu'on ne saurait évaluer par an à moins de 3,75 f par cheval ou 5 f par kilowatt.

Sans vouloir décourager les efforts tentés dans le but d'associer des installations de production de force motrice à des hauts fourneaux, l'auteur croit qu'il est nécessaire d'appeler l'attention sur les difficultés du problème. La première chose à faire est de se rendre compte d'une manière au moins approximative de la proportion d'énergie qui peut être disponible dans les différents cas, après prélèvement de ce qui est nécessaire pour le service des hauts fourneaux. Le tableau ci-dessous donne ces indications pour le cas des machines à vapeur et pour celui des moteurs à gaz:

Emplois	Machines à vapeur	Moteurs à gaz
Chauffage du vent . .	18 à 33 0/0	18 à 33 0/0
Soufflage du vent. . .	33 à 40 —	16,5 à 20 —
Auxiliaires.	7 à 10 —	3,5 à 5 —
Surplus disponible . .	42 à 17 —	62,0 à 42 —
Total.	100 à 100 0/0	100 à 100 0/0

La supériorité du moteur à gaz sur le moteur à vapeur, telle qu'elle est indiquée par les chiffres du tableau, peut paraître faible, si on la compare aux chiffres d'essais qu'on rencontre souvent. Cela tient à ce que, dans l'application particulière aux machines soufflantes, le travail du moteur à gaz peut être considéré comme normal, lorsqu'il est égal aux deux tiers environ de la charge maxima correspondant à une pression de vent égale à 1,75 kg par centimètre carré. Ces périodes amènent la production d'un gaz de très médiocre qualité, qui rend peu favorables les conditions de travail des moteurs, et celui-ci se trouve donc en état d'infériorité relative par rapport à la machine à vapeur établie pour travailler économiquement à pleine charge, tout en ayant l'élasticité nécessaire pour fournir de l'air aux plus hautes pressions demandées en pratique.

On construit aujourd'hui de grands moteurs à gaz qui, à pleine charge, donnent un rendement de 106 000 kilogrammètres effectifs, contre 45 000 pour les meilleures machines à vapeur, par 1 000 calories contenues dans le gaz employé.

Le rendement de la machine soufflante étant, dans les deux cas, d'à peu près 80 0/0, on voit qu'en pratique, l'effet utile de la soufflerie à

gaz sera à peu près double de celui de la soufflerie à vapeur, mais pas davantage.

La quantité de travail qu'on peut obtenir de l'excès des gaz et développer dans les moteurs à gaz, dépend de la quantité de coke brûlé par tonne de fonte, de la perfection du moteur et de la proportion de la charge. On peut admettre qu'avec certains perfectionnements récents, tels que la dessiccation du vent, on peut ramener la consommation du coke à un taux moyen de 770 kg; mais, dans des conditions moins favorables, elle peut s'élever jusqu'à 1 270 kg. Le nombre de calories contenues dans les gaz de haut fourneau variera donc de 2 300 000 à 3 800 000 calories par tonne de fonte. Il est probable que la moyenne pratique diffère peu de 1 015 kg de coke et 3 050 000 calories. Le calorique disponible pour la production du travail sera les 52 0/0 de la quantité totale de calorique, 1 580 000 calories. Cette quantité de chaleur permet d'obtenir 26 ch par tonne de fonte produite avec des moteurs à gaz ayant un rendement thermique de 25 0/0. Tout fabricant de moteurs à gaz doit pouvoir garantir ce résultat, si ses moteurs fonctionnent à charge entière.

On admet généralement aujourd'hui que les gaz des hauts fourneaux doivent être nettoyés avant leur introduction dans les moteurs, ne serait-ce que pour la raison que les procédés de nettoyage abaissent en même temps la température des gaz et augmentent leur densité, ce qui accroît la puissance qu'on peut obtenir de cylindres de volume donné. Que le nettoyage s'opère par une circulation à faible vitesse dans des tuyaux d'un développement considérable, ou qu'il se fasse par de l'eau pulvérisée ou le contact avec des nappes liquides ces opérations amènent toujours un refroidissement. La réfrigération par transmission à travers des surfaces est coûteuse, si la température finale doit être inférieure à 50 degrés centigrades. La circulation à faible vitesse des gaz est efficace au point de vue du refroidissement de ceux-ci, mais non au point de vue de l'épuration; car, pour leur faire abandonner les poussières très fines, il faudrait un repos presque absolu, ce qui est impossible en pratique. On emploie aujourd'hui généralement le lavage par l'eau qui refroidit en même temps. Le refroidissement a un double avantage : il augmente la densité du gaz et enlève par condensation la vapeur d'eau contenue qui provient du coke, de la castine ou du minerai et qui présente quelquefois une proportion de 3 à 5 0/0 du volume des gaz, ce qui réduit notablement la valeur calorifique de ceux-ci.

La température des gaz doit être abaissée autant que le permet celle de l'eau dont on peut disposer et aussi la quantité qu'on en peut avoir.

On a employé diverses méthodes pour mélanger d'une manière intime l'eau de refroidissement et les gaz chargés de poussières. Les ventilateurs paraissent fournir un moyen très efficace. Les gaz sont aspirés en même temps que de l'eau pulvérisée par le ventilateur, et on interpose entre la sortie de celui-ci et la machine, un séparateur analogue à un sécheur de vapeur ou aux anciennes boules de tuyaux de décharge des soupapes de sûreté sur les navires.

On peut réduire dans une large mesure l'importance des ventilateurs en refroidissant les gaz avant ceux-ci, en ne leur donnant à effectuer

que la séparation de l'eau et des poussières contenues. Ces réfrigérants séparés ont la forme de conduits horizontaux garnis d'injecteurs d'eau ou de tours verticales disposées d'une manière analogue avec déplacement en sens inverse des gaz et des jets d'eau. Cette disposition a l'avantage de prolonger le contact de l'eau divisée et des gaz, ce qui facilite la réfrigération et agit plus efficacement sur les poussières en suspension. Il se produit dans cette action de l'eau une sorte de condensation, qu'on reconnaît facilement par le travail d'aspiration que le ventilateur a à exercer, et par le fait que, si la tour a une ouverture quelconque à sa partie supérieure, cette ouverture donne lieu à une rentrée d'air et pas à une sortie de gaz. La dépense d'eau peut être estimée de 18 à 20 l par cheval et par heure et le travail nécessaire pour la mise en mouvement du ventilateur et des pompes à 1,3 0/0 de la puissance développée par le moteur à gaz.

Le degré de pureté à réaliser pour les gaz dépend jusqu'à un certain point du type de moteur que ces gaz doivent mettre en mouvement.

Les machines à deux temps avec pompes et distribution par tiroirs à pistons demandent des gaz mieux épurés que les machines à quatre temps, qui reçoivent directement le gaz sans intermédiaire. On évitera toute difficultés si on arrive à ce que le gaz ne contienne pas plus de 0,025 g par mètre cube.

Toute variation dans la composition des gaz affecte, dans une certaine mesure, la marche des moteurs. C'est surtout le cas lorsque cette variation se traduit par un accroissement brusque de la proportion d'hydrogène, accroissement généralement dû à une fuite dans les enveloppes des tuyères, qui laissent pénétrer de l'eau dans le haut fourneau. Jusqu'ici on ne possède pas de moyen de prévenir le personnel de la machine de ce genre d'accident, tandis que l'usage d'un appareil spécial, dit composimètre, fait connaître, à chaque instant, les variations dans la valeur calorifique des gaz, sauf celle qui est due à la présence de l'hydrogène, et les machinistes sont à même de pouvoir mettre en route une unité de réserve, si les gaz deviennent assez pauvres pour que les moteurs ne puissent plus développer leur travail normal.

Il est très difficile d'assurer la régularité nécessaire à la production des courants alternatifs sans une grande uniformité dans la pression des gaz; on pourrait même dire que c'est impossible.

L'emploi d'un gazomètre est un moyen simple et efficace d'assurer cette régularité, tandis que les variations dans la marche du haut fourneau et la consommation du gaz par les moteurs sont si fréquentes et si brusques qu'il n'est pas possible de régler la marche par celle du ventilateur. Mais le coût d'un gazomètre d'une capacité suffisante pour assurer seulement pendant une heure la marche d'un moteur à pleine charge, les hauts fourneaux entièrement arrêtés, ne serait pas négligeable et jusqu'ici on n'a pas cru devoir recourir à sette solution.

Locomotives à crémaillère pour l'Afrique du Sud. — Nous avons parlé, dans la Chronique de juin 1904, page 888, de grosses locomotives construites en Angleterre pour les chemins de fer à voie étroite 3 1/2 pieds anglais soit 1 067 m, de l'Afrique du Sud, et dit en

passant quelques mots du tracé qui est très difficile : les rampes de 10 et 12,5 0/00 y règnent sur de grandes longueurs. En outre des puissantes machines, dont il était question dans cet article, il a été construit par la même fabrique, la Vulcan Foundry, de Newton-le-Willows, quelques grosses machines travaillant à la fois par adhérence et par crémaillère, dont nous trouvons la description dans le *Railway Age*. Ces locomotives sont destinées à servir de machines de renfort pour les lourds trains express sur la rampe de 50/1000, qui existe entre Waterval-Onder et Waterval-Boven sur la section de Pretoria à Lourenço-Marquez du Central South African Ry.

Le poids de ces machines en service est de 84,5 t., ce sont les plus grosses et les plus fortes locomotives à crémaillère construites jusqu'ici. Le cahier des charges porte qu'elles doivent pouvoir, avec le concours d'une machine ordinaire, placée en tète du train, remonter un train de 350 t, sur une rampe de 50 0/00 de 5,5 km de longueur, et qu'elles doivent condenser la vapeur en passant dans un tunnel situé près du sommet de la rampe. On voit qu'il était nécessaire, pour la solution du problème, de combiner un effort de traction considérable, une puissance élevée de vaporisation et des freins très énergiques ; les constructeurs paraissent y avoir réussi.

Les machines qui ont trois essieux couplés et un bogie à deux essieux à chaque extrémité, ont deux paires de cylindres agissant indépendamment ; ces cylindres ont 0,456 m de diamètre et 0,508 m. de course ; la paire placée intérieurement commande deux pignons dentés accouplés portés sur un châssis reposant lui-même sur les essieux des roues motrices et accouplées.

Les bielles motrices du mécanisme intérieur s'attellent sur des saillies des bielles d'accouplement des pignons dentés, au lieu de le faire sur les boutons de manivelles eux-mêmes, cette disposition est imposée par le peu de largeur disponible entre les roues.

Les coussinets des arbres des pignons peuvent être ajustés pour compenser l'usure des bandages des roues motrices, pour que les dents engrènent toujours à la même hauteur avec la crémaillère et, pour la même raison, les dentures ont un profil de développante. Les manivelles ont la forme de disques circulaires avec la jante garnie extérieurement de rainures à section angulaire sur lesquelles viennent serrer les sabots des freins. Les dents des pignons sont taillées dans des couronnes en acier et réunies aux moyeux par des ressorts, de manière à laisser l'élasticité nécessaire pour parer aux légères irrégularités que présente inévitablement le pas de la crémaillère. C'est une des dispositions caractéristiques des locomotives à crémaillère de notre collègue M. Abt.

Les longerons de la machine sont extérieurs et formés de tôles d'acier de 32 mm d'épaisseur.

Les six roues couplées ont 1,067 m de diamètre et portent une charge de 45 t. Les distributions sont du système Joy, il y a un changement de marche à vis séparé pour chaque mécanisme. Il y a trois systèmes de freins : 1° Un frein à vapeur agissant sur les six roues couplées et sur les huit roues des deux bogies ; 2° un frein à main agissant sur les roues accouplées ; 3° un frein à main agissant sur les disques mani-

velles du mécanisme à crémaillère ; 4° un frein à répression agissant par les cylindres du mécanisme adhérent, et 5° un frein semblable agissant par les cylindres du mécanisme à crémaillère.

Ces deux derniers freins comportent : 1° Un clapet placé à la base du tuyau d'échappement de la machine correspondante, et agissant de manière à fermer la communication entre les cylindres et la boite à fumée dès que la marche est renversée, pour empêcher l'aspiration de la fumée et des cendres ; 2° un clapet qui permet l'aspiration dans les cylindres de l'air extérieur qui doit être comprimé par les pistons ; 3° un robinet de sortie d'air comprimé à ouverture graduée avec un système pour étouffer le bruit de l'échappement de cet air ; 4° des robinets d'injection d'eau, convenables pour empêcher l'échauffement des cylindres en absorbant par l'eau la chaleur développée par la compression de l'air. La locomotive porte enfin un éjecteur et les accessoires nécessaires pour le fonctionnement du frein à vide du train.

La chaudière est à tubes d'acier doux, avec foyer en cuivre, et doit fonctionner à 14 kg par centimètre carré ; elle a un grand volume d'eau, pour pouvoir fournir assez de vapeur pendant la traversée du tunnel où l'échappement ne marche pas.

La surface de chauffe est de 133,70 m² et la surface de grille de 3,10 m². L'eau est contenue dans des caisses latérales d'une contenance de 5 400 l, et la machine porte 2 500 kg de combustible dans des soutes placées à l'arrière de la plate-forme du personnel. La condensation se fait dans ces caisses à eau où la vapeur circule, une large soupape de décharge permet de les vider rapidement après chaque parcours. L'alimentation se fait par deux injecteurs et deux pompes.

Voici les dimensions principales de ces machines :

Dimension des cylindres	0,456 × 0,508 m
Diamètre des roues couplées	1,067 m
— — des bogies	0,760 m
Diamètre du cercle primitif des pignons dentés	0,924 m
Pas des pignons	0,100 m
Écartement fixe des essieux	3,88 m
Écartement total des essieux	10,25 m
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,29 m
Tubes	197 de 51 mm et 3,85 m
Pression à la chaudière	14 kg
Effort de traction par adhérence	9 910 kg
— par crémaillère	11 510 kg
Effort combiné	21 420
Surface de chauffe — foyer	13,0
Surface de chauffe — tubes	120,7
Surface de chauffe — totale	133,7
Surface de grille	3,10
Poids de la machine vide	70 500 kg
— — en service	84 500 kg

Les machines que nous venons de décrire ont une assez grande ressemblance comme aspect général avec celles dont nous avons parlé dans notre Chronique de juin 1904 et on a eu soin de faire les pièces du mécanisme à adhérence du même modèle que les pièces correspondantes des machines précédentes, dans le but de simplifier la question des rechanges.

Oscillations des locomotives sous l'action de diverses forces perturbatrices. — Nous avons signalé dans la Chronique de mai dernier, page 806, les intéressantes recherches de M. G. Marié, sur les oscillations des véhicules de chemins de fer. Notre Collègue a donné communication à l'Académie des Sciences, dans la séance du 29 mai, d'une étude du même genre sur les oscillations des locomotives sous l'action de diverses forces perturbatrices.

L'auteur rappelle qu'on connaît depuis plus de cinquante ans l'influence perturbatrice de la force d'inertie des pièces en mouvement alternatif et celle de la force centrifuge des pièces en mouvement circulaire continu et la correction de ces influences au moyen des contrepoids. Il reste à voir si la répétition périodique de ces perturbations peut augmenter l'amplitude des oscillations dans une mesure assez grande pour amener un déraillement.

M. Marié fait voir que ces perturbations ne donneraient lieu qu'à une oscillation minime si elles n'agissaient qu'une fois, mais qu'elles peuvent occasionner des oscillations successives augmentant jusqu'à une limite plus ou moins élevée, suivant l'intensité des frottements qui les amortissent et, de plus, il établit que l'amplitude maxima de ces oscillations augmente avec la vitesse, contrairement à ce que l'on croit d'habitude.

L'auteur examine chaque cause des oscillations savoir : la force d'inertie, la force centrifuge et l'influence de la conicité des bandages. Ces causes amènent : une oscillation autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité, une oscillation de translation horizontale et enfin des balancements autour des axes d'oscillation transversale et longitudinale.

Il est aisé d'évaluer l'importance de ces mouvements et, après il reste à voir si ces oscillations, considérées isolément, peuvent être dangereuses; la méthode employée donne, pour chaque nature d'oscillations, la valeur des frottements qui limitent l'amplitude maxima dans une mesure suffisante pour éviter tout danger.

M. Marié trouve que les locomotives actuelles de trains rapides à quatre cylindres et bogies à déplacement latéral avec frottements, ne sont pas généralement sujettes à des oscillations assez fortes pour entrainer par elles-mêmes des déraillements, même aux plus grandes vitesses, mais il est prudent de ne pas trop réduire les frottements.

On peut même encore augmenter les vitesses d'une manière notable, mais il y a lieu de surveiller la voie pour s'assurer que les efforts latéraux des locomotives, qui augmentent avec la vitesse, n'amènent pas à la longue des déplacements horizontaux des rails, ce qui pourrait entrainer des déraillements. Enfin, pour fixer la vitesse maxima, il convient

d'examiner la superposition de toutes les causes d'oscillations annoncées précédemment.

L'auteur arrive à conclure que : 1° il faut réduire le plus possible les oscillations en agissant sur les causes qui les produisent; 2° il faut donner au matériel de la souplesse dans tous les sens, avec frottements partout suffisants, pour amortir rapidement les oscillations qu'on ne peut éviter.

Renversement de wagons par le vent. — L'*Indian Engineering* ,en signalant les efforts faits pour augmenter la capacité des wagons à la voie de 1 m, appelle l'attention sur le danger qu'il y a de voir ces wagons renversés par l'action du vent. Ce fait n'est pas rare dans l'Inde.

Le 25 mai dernier, un train mixte du South Indian Railway a été renversé par un coup de vent entre Arkonam et Chingleput. Il n'y a pas eu d'accidents de personnes, ni même de dégâts importants, mais le cas n'eût pas été évidemment le même si le fait s'était produit le train marchant à une assez grande vitesse ou passant sur un viaduc ou un remblai élevé.

Il y a également eu un cas récent de renversement d'un train sur la ligne à voie normale de l'East Indian Railway, à Rumpurhaut et un accident semblable s'était produit au même endroit il y a quatre ans, mais le train paraît avoir déraillé avant de se renverser, tandis que, sur la voie de 1 m, le renversement a eu lieu le train étant arrêté ou marchant très lentement. On peut encore citer l'exemple de la catastrophe survenue sur la section nord du Eastern Bengal State Railway, près de Nuttore, dans laquelle un train à l'arrêt fut jeté en bas d'un pont et aussi d'un train renversé par le vent dans une station de la même ligne. A Sara, à la suite d'un coup de vent de nord-ouest, il ne resta pas un wagon sur ses roues dans la gare des marchandises.

Les wagons à voie de 1 m, avec leur caisse large et leur base transversale étroite, sont beaucoup plus exposés à être renversés que les wagons à voie large; on ne saurait donc être trop prudent en accroissant les dimensions des caisses de ces véhicules. Quant à prendre des précautions d'un autre genre, c'est bien difficile; on a préconisé l'emploi de pare à vent dans les endroits exposés, mais le vent n'annonce pas à l'avance où il soufflera et on ne peut songer à abriter des centaines de kilomètres de voie. Sur les ponts, où les trains sont plus exposés et où les conséquences d'une chute sont plus graves, il serait relativement facile d'établir des abris; d'ailleurs, les mécaniciens peuvent se dispenser d'aborder un pont pendant que souffle un cyclone. Il y a, il est vrai, le cas de coup de vent survenant d'une manière subite; ce cas est heureusement très rare et rentre dans la catégorie de ceux que l'homme ne peut ni prévoir ni empêcher et qu'on appelle en anglais des « Actes de Dieu ».

Les nouveaux wagons de l'Eastern Bengal State Railway, pour le transport de jute qui ont servi de point de départ à l'article de l'*Indian Engineering*, ont été construits par les Forges de Leeds; on les donne comme les plus grands wagons construits jusqu'ici pour voie de 1 m.

Leur longueur est de 13, 98 m, leur largeur de 2,44 m, avec dimensions correspondantes à l'intérieur de 13,11, 2,26 et 2,39 m de hauteur. Les roues des bogies ont 0,71 m de diamètre, l'écartement des essieux est de 1,44 m. Il y a deux portes de chaque côté. Les châssis sont en tôle d'acier embouti à la presse, du système Fox. Ces wagons peuvent porter 18 t de jute, matière particulièrement encombrante.

L'allusion qui a été faite plus haut, au passage des ponts, appelle naturellement l'attention sur une installation récente faite dans cet ordre d'idées. Nous avons indiqué dans la Chronique d'août 1903, page 185, que, le 27 février de la même année, un train avait été renversé par le vent, alors qu'il traversait le viaduc de Leven, sur le chemin de fer de Furness, en Angleterre.

L'*Engineering Review* indique que, pour prévenir le retour d'accidents de ce genre, on a installé aux deux extrémités du viaduc des appareils pour prévenir les employés chargés des signaux et leur indiquer si la force du vent est dangereuse pour les trains passant sur le viaduc.

L'appareil est monté sur un support en cornières et consiste en une planchette pouvant tourner autour d'un axe et maintenu dans la position verticale par des ressorts tarés; la flexion des ressorts correspondant au déplacement de la planchette sous l'effort du vent est enregistrée sur un papier enroulé sur un tambour analogue à celui des indicateurs de machines à vapeur; le papier se déplace sous l'action d'un mouvement d'horlogerie, à raison de 25 mm par heure. Si la force du vent ne varie pas, le crayon tracera une ligne droite, sinon la ligne tracée sera plus ou moins inclinée. On peut vérifier à tout moment l'appareil en mettant un poids sur un levier disposé à cet effet.

Un circuit électrique contenant des sonneries placées dans les postes de signaux des extrémités du viaduc se trouve fermé dès que la pression du vent atteint la valeur de 32 livres par pouce carré, soit 155 kg par mètre carré, pression considérée comme dangereuse. Les postes de signaux, ainsi avertis, interdisent l'accès du pont.

Il y a environ dix-huit mois que cet appareil est installé et le vent, d'après l'enregistreur, n'a jamais dépassé une pression de 5 livres par pouce carré, soit 25 kg par mètre carré.

La production et le commerce du soufre au Japon. — Nous trouvons dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes Italiens* un intéressant rapport provenant du ministre d'Italie à Tokio sur la production et le commerce du soufre au Japon.

Le Japon est, avec l'Italie, un des pays qui produisent le plus de soufre. Bien que les minerais de soufre soient plus abondants dans le nord de ce pays, ils se rencontrent également dans le centre et dans le sud. à cause de la nature presque partout volcanique du sol. Le minerai provient principalement des solfatares qui se trouvent dans les cratères des volcans en activité à l'exception du soufre de Kosuka (province de Rimciu, dont les cristaux sont plus petits, plus compacts et moins friables que ceux qui sont fournis par des émanations volcaniques.

Les principales mines de soufre du Japon sont au nombre de six, ce sont par ordre d'importance : Imaonobori, dans la province d'Hokkaido,

Tsurugkisan dans la même province, Skiranesan, dans la province de Tochighi, Yahukodoyama, Doro-in et Iwojima, dans la province de Sahuma. Les deux premières de ces mines appartiennent à la maison Mitsni Buyan Kaisha, de Tokio, la plus importante maison d'exportation de minerai, en Société avec les maisons étrangères suivantes établies à Yokohama : Howell et C[ie], Jardive Matheson et C[ie] et American Trading C[ie].

Dans la période quinquennale 1898-1902, la production de soufre au Japon a été de

1898.	25 636 870	cattie	ou	14 536 t
1899.	17 202 173	—		9 754 »
1900.	17 062 186	—		9 674 »
1901.	24 064 196	—		14 044 »
1902.	27 580 428	—		15 630 »

Le cattie valant 0,567 kg.

D'après les renseignements de l'Administration des Mines, qui n'ont pas encore été publiés, la production des années 1903 et 1904 s'élève à 20 000 t en moyenne pour chacune, chiffre qui paraît devoir se maintenir encore quelque temps.

On ne possède pas des chiffres absolument exacts sur l'exportation du soufre, mais on ne sera pas bien loin de la vérité en portant à 14 ou 15 000 t le chiffre pour ces dernières années. La consommation intérieure n'absorbe pas plus du quart ou cinquième, soit 4 à 5 000 t.

Si on en excepte une faible partie qui sert aux emplois pharmaceutiques, la consommation intérieure se répartit entre les arsenaux, les fabriques d'allumettes assez nombreuses et celles d'eaux minérales. On emploie pour ces dernières la meilleure qualité. Comme les prix vont toujours en s'élevant, les pyrites de fer vont se substituer peu à peu au soufre natif; ces pyrites viennent en majeure partie d'Australie.

Les principaux clients d'outre-mer sont, pour le Japon, l'Amérique (côtes du Pacifique) et l'Australie et le port principal d'exportation à cause du voisinage du centre de production est le port d'Hacodate dans le Nord.

De petites quantités de soufre partent de Kobe et de Nagasaki à destination de la Chine où cette matière est employée à la préparation de poudres d'artifices.

Le transport vers la côte du Pacifique se fait, en chargements complets de 2 000 à 3 000 t dans des voiliers américains affrétés pour porter des chargements de bois américains, et qui ne trouvent pas de fret de retour plus avantageux.

Les transports directs pour l'Australie s'opèrent pour le compte de la maison Mitsni Buyan dont il a été question ci-dessus, par quantités de 200 à 300 t, au moyen des vapeurs de commerce appartenant à la Compagnie Yusen Kwaisha.

Les prix payés tout récemment pour le soufre de première qualité sont de 35 yen et, pour les qualités inférieures de 31 yen par tonne, avec variation de 1 yen par tonne, suivant que le soufre est en sacs simples ou en sacs doubles.

Le yen valant environ 2,56 f ces prix ressortent à 90 et 80 f la tonne.

Les neiges, très abondantes dans la partie septentrionale du Japon, amènent l'interruption des travaux d'exploitation pendant cinq mois de l'année. On emploie encore pour l'extraction les moyens les plus primitifs; le minerai est mis dans des grandes poches en fer et soumis dans des fours en pierres chauffés à une température de 115 degrés.

La maison Mitsni a la première introduit, il y a quelques années, des fours modernes du système Gills, employé en Sicile, et qui donnent d'excellents résultats.

Le rendement des minerais de soufre du Japon est peut-être le plus élevé qui existe. Le professeur Hosoi affirme qu'il s'élève jusqu'à 50 0/0 pour les minerais des parties septentrionales et qu'on dédaigne les minerais dont la richesse est inférieure à 38 0/0, tandis qu'en Italie, où on emploie des fours perfectionnés, dépensant moins de combustible, on considère comme utilisables des minerais ne contenant que 20 0/0 de soufre.

En dépit de ce fait, il ne paraît pas y avoir de raisons sérieuses de voir dans la production japonaise une concurrence sérieuse au soufre italien. L'éloignement des lieux de consommation les plus importants, la production encore très limitée, la difficulté des transports aux prix rémunérateurs, font qu'il n'y a aucune crainte immédiate à concevoir.

L'apparition signalée de soufre du Japon à New-York est un phénomène passager et ne paraît pas devoir être l'indice d'un trafic régulier qui pourrait nuire à l'importation régulière aux États-Unis de soufre italien. On peut toutefois signaler comme point noir à l'horizon l'introduction au Japon de méthodes et d'appareils d'extraction perfectionnés du genre de ceux qui sont employé en Italie, introduction qui pourrait entraîner des modifications dans l'aspect actuel de la question.

L'industrie des allumettes en Suède. — On sait que la fabrication des allumettes est une des industries les plus importantes de la Suède. Entre 1830 et 1840, le docteur J.-S. Bagge, professeur à l'Ecole technique supérieure de Stockholm, fit des tentatives persévérantes pour obtenir de la lumière au moyen d'allumettes à friction. Bien que l'avantage de l'emploi de phosphore ordinaire pour cette application fût évident surtout depuis les indications données par Berzelius, l'usage de ce corps était écarté de propos délibéré jusqu'à ce qu'on dut reconnaître qu'il n'était pas possible de faire des allumettes à frottement d'un emploi réellement pratique sans recourir au phosphore et le professeur Bagge lui-même donna des règles pour cette fabrication. On a fait en Suède des allumettes phosphorées sur une grande échelle dès 1843. C'est l'année suivante que fut fondée par Johan Edward Lundström la célèbre fabrique d'allumettes de Jönköping.

Au début on ne fabriquait guère que des allumettes au soufre et au phosphore. Cependant, la même année 1844, G. E. Pasch, professeur à l'Institut médical Caroline à Stockholm, découvrit un fait important, savoir qu'une surface frottante contenant du phosphore amorphe, qu'il appelait phosphore oxydé, pouvait être employée à enflammer des allumettes dont les têtes ne contenaient pas de phosphore. Pasch fit pa-

tenter sa découverte le 30 octobre 1844, date qui prouve la priorité de l'invention contre les revendications faites en Allemagne à ce sujet. La fabrication des allumettes par le nouveau procédé commença immédiatement.

D'après un rapport du Bureau central de statistique de la Suède, la méthode employée par Pasch pour produire le phosphore amorphe n'était pas bien pratique et ce ne fut que lorsqu'un procédé plus économique eût été découvert en Angleterre que l'invention de Pasch devint d'une application courante. C'est en 1852 que la fabrique de Jöuköping commença la fabrication des allumettes dites de *sûreté* qui, à l'Exposition Universelle de 1855 à Paris, furent déclarées les meilleures de leur espèce. Sous ce rapport la priorité de la Suède ne peut être contestée. Les allumettes fabriquées par cette Société ont acquis une réputation universelle; peu d'objets ont eu autant qu'elles les honneurs de la contrefaçon dans toutes les parties du monde, et malgré ces imitations la marque « Joukopings Sakerhetstandstickors » est encore la plus recherchée.

Dans le développement de la fabrication des allumettes, on a reconnu la nécessité de se servir de machines pour réduire les dépenses de main-d'œuvre et beaucoup d'appareils mécaniques avaient été introduits dans cette industrie avant 1870, surtout des appareils destinés à disposer les bouts de bois pour les préparer à recevoir la composition qui garnit leurs têtes. A. Lagerman, avec sa machine dite « complète » a beaucoup contribué à réduire au minimum la main-d'œuvre dans la fabrication des allumettes. Les tiges, déjà débitées par d'autres appareils, arrivent à la machine à une extrémité pour sortir à l'autre terminées et mises en boites, sans l'intervention d'aucun ouvrier. Chacune de ces machines peut faire au moins 40 000 boites en une journée de onze heures. La première de ces machines a été mise en service en 1892 à la vieille fabrique de Jöuköping.

Il s'est fondé successivement bien d'autres fabriques, mais beaucoup ont dû disparaître en présence de la concurrence très active. Bien que le vieux système de fabrication d'allumettes au phosphore ait été détrôné par les allumettes de sûreté, on continuait cependant encore à en fabriquer quelque peu, mais, depuis le 1er juillet 1901, la vente en Suède de ces allumettes a été prohibée, à cause du danger que présentait l'emploi du phosphore jaune dont leurs têtes sont garnies.

Ces allumettes possèdent, toutefois, sur leurs concurrentes de sûreté, un avantage qui ne peut être contesté, c'est la possibilité de les allumer en les frottant sur une surface quelconque. Des expériences répétées, et l'offre de prix importants ont fini par amener la fabrication d'allumettes qui portent sur leurs têtes, au lieu du phosphore jaune vénéneux, le sesquisulfite de phosphore, employé dans la fabrique de Jöuköping.

La plupart des matières qui servent dans la fabrication des allumettes ne se trouvent pas en Suède, et doivent être importées; ainsi, le phosphore, l'antimoine, le soufre, la paraffine, etc., mais on y obtient maintenant le chlorate de potasse. Le bois le plus employé, et il l'est presque exclusivement pour les allumettes, est le tremble; ce bois se débite facilement, et est assez poreux pour que le soufre et la paraffine y pénètrent.

La production intérieure de bois de tremble de qualité convenable

pour la fabrication des allumettes est actuellement si réduite qu'on est obligé d'en introduire des quantités considérables de Finlande, et surtout de Russie.

L'obstacle le plus sérieux au développement de l'industrie des allumettes, en Suède, ou même à son maintien au taux actuel, n'est pas tant dans la concurrence étrangère que dans les droits protecteurs excessifs imposés par les autres pays en faveur des produits analogues de leur industrie, droits qui sont souvent prohibitifs, sans compter que, dans plusieurs contrées, il existe un monopole de l'État pour la vente et la fabrication des allumettes, par exemple en France, en Espagne, en Grèce, etc.

Les plus grandes fabriques d'allumettes qui existent actuellement en Suède sont : la fabrique Vulcan, à Tidaholm, la vieille fabrique et la fabrique occidentale, à Jöuköping. Dans quelques fabriques, on fait des tiges d'allumettes pour les vendre; cette production est estimée à environ 375 000 f pour 1900. Les allumettes suédoises s'expédient surtout à Londres et Hambourg, qui les distribuent dans presque toutes les parties du monde. Pour éviter la concurrence entre les fabriques du pays, et, en même temps, faciliter l'exportation des produits indigènes, les plus importantes manufactures suédoises se sont réunies en une grande Société, dont la Vulcan et les deux fabriques de Jöuköping sont les principaux actionnaires. La valeur totale des allumettes exportées par les fabriques de Suède est de 11 millions de francs pour 1902, et de 11,7 millions pour 1903. Ces renseignements sont donnés par le *Journal of the Society of Arts.*

Échauffement du charbon en masses. — La conservation du charbon en grandes masses est une question qui présente une certaine importance au point de vue des risques de combustion spontanée dans certaines conditions. Ces accidents se rencontrent fréquemment, et sont dus, presque toujours, à l'absence de précautions convenables dans la mise en tas du charbon.

L'existence d'humidité dans le charbon est de nature à développer une oxydation lente, qui produit de la chaleur, et, si cette chaleur ne peut pas se répandre au dehors, les phénomènes prennent une extension de plus en plus grande, et la chaleur et l'oxydation combinées arrivent à produire la combustion avec inflammation. Puisque l'oxydation est la cause déterminante du désordre, il est évident que la méthode qu'on voit employer fréquemment, et qui consiste à placer dans les tas de charbon des tubes pour l'aérage, ne peut donner aucun résultat utile, à moins que ces tubes n'aient un assez fort diamètre pour déterminer un courant d'air dans les tas de charbon, courant d'air suffisant pour dissiper la chaleur produite. Mais, ce n'est jamais le cas en pratique; les tubes sont trop petits, et mal disposés pour produire une ventilation; ils ne servent guère qu'à amener de l'air à l'intérieur de la masse, et à entretenir ainsi l'oxydation, c'est-à-dire une combustion lente.

Les charbons gras ou demi-gras sont beaucoup plus aptes à l'échauffement que les houilles anthraciteuses, et, plus ils contiennent d'humidité, de matières volatiles et de soufre, plus le danger de combustion

spontanée est à craindre. On peut fixer à 4,75 0/0 la proportion d'eau maxima qu'un charbon doit contenir pour pouvoir être mis en tas sans qu'on ait à redouter des échauffements dangereux; c'est à une température de 60° C. dans les tas que, quelles que soient les autres conditions, il commence à se produire des désordres.

Une méthode simple et efficace pour obtenir la température au centre d'une masse de charbon consiste à pousser une tige de fer jusqu'au milieu du tas, en la laissant un temps suffisant pour se mettre en équilibre de température avec le charbon.

Lorsqu'on la retire, un homme habitué à ce genre de constatation peut dire, par le simple toucher, si la température atteinte présente quelque danger; on peut aussi appliquer la boule d'un thermomètre à l'extrémité de la barre de fer, et les laisser en contact pendant une ou deux minutes, enveloppé dans une poignée de coton.

Les précautions à prendre contre l'échauffement du charbon sont très simples : on ne doit jamais le mettre en tas lorsqu'il est mouillé; il faut alors le conserver dans des soutes en tôle ou en béton, dans un lieu frais, et pas trop voisin des chaudières. Les tas ne doivent pas avoir plus de 3,50 m d'épaisseur, et on doit assurer la libre circulation de l'air autour et, si possible, en dessous. S'il se produit un échauffement considérable ou une inflammation dans la masse, ce qu'il y a de mieux à faire, est d'attaquer les tas, et de retourner le charbon; jeter de l'eau est de peu d'efficacité parce que ce qu'il en pénètre dans la masse ne fait guère qu'augmenter le mal. Si l'on ne peut pas retourner le charbon, et qu'on suppose que le centre du tas est enflammé, un bon moyen consiste à enfoncer dans la masse un tuyau en fer d'assez fort diamètre percé de trous. Lorsque le tuyau est en place, on y envoie un courant d'eau qui éteint rapidement l'incendie. Ces renseignements sont donnés par le journal *Technics*.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1905.

Le laboratoire de mécanique de l'École des Mines, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines.

Le laboratoire de mécanique est destiné à l'étude des propriétés mécaniques et du travail des métaux; il a été installé en 1902.

La note donne la description sommaire des machines qui existent dans ce laboratoire et dont les plus importantes sont : une machine à essayer à la traction de 25 t, une presse à compression de 5 000 kg et un mouton, système Fremont, pour les essais au choc, plus un dynamomètre de transmission pour mesurer le travail absorbé par diverses machines, et notamment un tour.

La note donne quelques indications sur le travail des élèves au laboratoire et les divers essais qu'ils ont à y exécuter. Le laboratoire, en dehors de l'usage qui en est fait par les élèves, peut servir à des recherches sur les propriétés physiques et le travail des métaux. Il est dirigé par M. Fremont, qui y a déjà exécuté d'importantes expériences.

L'exploitation du pétrole en Roumanie, par M. Aron, Ingénieur des Mines.

L'extraction du pétrole n'a commencé, en Roumanie, qu'en 1860. La production a été de 384 000 t en 1903 et a dépassé 410 000 en 1904; ce qui classe la Roumanie au cinquième rang des pays producteurs de pétrole, tout de suite après la Galicie, les Indes Néerlandaises, la Russie et les États-Unis.

C'est dans la zone Compina-Boustenaci-Poïana que se trouve concentrée presque toute l'exploitation, qui est divisée entre soixante-six exploitants. On extrayait d'abord le pétrole par fosses et par bassins, puis par des puits, on préfère, aujourd'hui, faire des trous de sonde; dans le district dont nous parlons, il y a plus de 1 000 puits dont la profondeur varie de 4 à 250 m et 300 sondages, dont les plus profonds vont à 600 m. Le pétrole brut extrait revient à 15 à 20 f la tonne.

Une grosse question est celle des débouchés. La consommation intérieure s'est élevée, en 1903, à 132 000 t environ, ce qui est faible, car ce chiffre ne représente que 5 kg par tête d'habitant. La consommation industrielle des résidus est d'abord celle des chemins de fer qui emploient ce combustible depuis 1887; il y avait, en 1903, 373 locomotives brûlant des résidus de pétrole, sur un nombre total de 512. On a trouvé, par expérience, que 1 de pétrole équivaut à 1,33 en poids de charbon de

Cardiff, alors que 1 de lignite équivaut à 0,35 de Cardiff. Ces chiffres correspondent à une économie réalisée de 475 000 f pour l'année. On peut prévoir qu'en 1905, les chemins de fer roumains cesseront de faire appel aux combustibles étrangers.

Pour la marine, les résultats ont été moins frappants. Deux paquebots postaux roumains ont été munis d'installations pour brûler des résidus.

L'économie sur l'un, le plus grand, en personnel et combustible, s'est élevée à 110 000 f pour l'année; pour l'autre on a éprouvé des difficultés. D'ailleurs les installations du port de Constantza pour l'approvisionnement du pétrole sont très insuffisantes, et il faudra des travaux assez considérables pour en créer de convenables.

Quant à l'exportation elle va toujours en augmentant et a atteint, en 1903, un total de 126 000 t; sur ce chiffre, 67 000 t ont été exportées par le port de Constantza. Pour faciliter cette exportation, on projette une conduite entre Compina et Constantza sur 330 km de distance, mais ce projet est vivement combattu.

Le district aurifère de Cripple Creek et ses récents développements, par M. Étienne A. Ritter.

Le district aurifère de Cripple Creek, dans le Colorado, a été découvert en 1891. Depuis cette époque, il a produit plus de 700 millions de francs.

La note entre dans des détails circonstanciés sur la distribution géographique du district dont la superficie est de 195 km² et la population de 50 000 habitants, et sur sa nature géologique. L'or y est mélangé d'argent et il se dépose sous la forme tout à fait spéciale de tellurure double d'or et d'argent.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — *24 Juin 1905.*

Nouvelles machines-outils à commande électrique, construites par la fabrique de machines d'Oerlikon, par P. Möller.

Nouvelles pompes Duplex, pompes à volant et pompes à turbines, par Otto N. Mueller *(suite)*.

Recherches sur les machines frigorifiques à absorption, par R. Habermann.

Les soupapes, par N. Raschen.

Expérience sur une pompe rotative du système capsulaire, par Kammerer.

Le rendement organique et la puissance indiquée des moteurs à gaz, par N. Guldner.

Bibliographie. — Mécanismes de distribution des machines à vapeur, par C. Loist.

Revue. — Transport du gaz à distance. — Disposition pour la marche à vide des locomotives. — Expériences avec des alcools dénaturés de

diverses provenances. — Fabrique de ciment de la National Portland Company.

N° 26. — *1er Juillet 1905.*

Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à pistons, par O. Berner.

Les chemins de fer électriques à l'époque actuelle, par F. Niethammer.

Influence des soupapes d'admission automatiques ou commandées sur la marche et la consommation des moteurs à explosion, par K. Fehrmann.

Résistance admissible d'une pièce sous des efforts exercés dans plusieurs sens, par H. Wehage.

Exposition de Saint-Louis. — Le matériel de chemins de fer, par Fr. Gutbrod *(suite).*

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Système de communications téléphoniques de Pupin.

Groupe de Carlsrühe. — Installation de force et de production du froid de la brasserie Franz, à Rastadt.

Groupe de Lausitz. — Production de l'oxygène et son emploi pour l'éclairage.

Groupe du Bas-Weser. — Hélices propulsives.

Groupe de Wurtemberg. — Renversement d'un pont par le vent.

Bibliographie. — Les lois sur les brevets d'invention dans tous les pays. par J. Kohler et M. Mintz.

Revue. — Le navire de guerre américain *Virginia.*

Virginia. — Locomotive avec chaudière à tubes d'eau. — Accident à une machine Corliss.

N° 27. — *8 Juillet 1905.*

Recherches thermiques sur les compresseurs, par F. L. Richter.

Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur à pistons, par O. Berner *(suite).*

Exposition universelle de Saint-Louis. — Le matériel de chemins de fer, par Fr. Gutbrod *(suite).*

L'excentrique dans les distributions à double tiroir, par W. Pickersgill.

Manœuvre des ascenseurs électriques, par O. Pollok.

Groupe de Bocham. — Impressions de voyage en Amérique.

Groupe de Cologne. — Installations frigorifiques aux halles de Cologne.

Revue. — La journée de huit heures aux États-Unis. — Installations centrales de force pour transports. — *Le Roosevelt*, navire pour expédition polaire. — Chemin de fer incliné à Cincinnati.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

VIe SECTION

La télégraphie sans fil, par le professeur Domenico Mazotto. Traduit de l'italien par J. A. Montpellier, rédacteur en chef de l'*Électricien* (1).

La réalisation pratique de la télégraphie sans fil est l'un des événements qui ont eu le plus de retentissement dans le public.

Les nombreuses et brillantes applications réalisées pour les communications à la mer et sur terre, les transmissions transatlantiques, les usages militaires, n'ont cessé d'exciter l'intérêt et la curiosité de tous.

Frappée des merveilleux résultats obtenus et du mystère des phénomènes en jeu, l'imagination de la foule, franchissant toutes les bornes, conçut les espérances les plus chimériques.

Quels sont les moyens mis en jeu pour résoudre ces problèmes? Quels travaux en ont préparé la solution? Quelles sont encore les difficultés à vaincre et enfin, quelle est l'étendue du champ des applications réalisables aujourd'hui, ou dont il est raisonnable d'attendre la solution prochaine?

L'ouvrage de M. le professeur Domenico Mazotto répond précisément à ces questions que se sont posées tant de bons esprits désireux de s'éclairer.

Sans développer en de longues théories les hypothèses scientifiques encore bien incertaines sur lesquelles s'appuient timidement les spécialistes, l'auteur nous fait connaître avec simplicité et clarté les diverses opinions qui se sont fait jour.

L'expérience étant le meilleur guide en la matière, M. Mazotto lui consacre le plus de développement.

Il ne se borne pas à décrire les dispositifs qui se sont développés aujourd'hui, mais il nous y amène par l'exposé méthodique des nombreuses tentatives qui ont été faites pour aboutir à la télégraphie sans fil.

C'est ainsi qu'il examine les procédés par conduction à travers l'eau et la terre, ceux qui mettent en jeu l'induction, les systèmes radiophoniques, l'emploi de radiations ultra-violettes et infra-rouges et, enfin, l'application des ondes électriques.

Arrivant ainsi aux procédés si brillamment inaugurés par M. Marconi en 1896, M. Mazotto décrit d'abord les divers appareils employés en radio-télégraphie, c'est-à-dire les manipulateurs, les bobines d'induction avec leurs interrupteurs, les excitateurs et oscillateurs, les

(1) In-8°, 255 × 165 de x-432 pages avec 250 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix, broché : 12,50 f.

antennes, radiateurs, les prises de terre. transformateurs, condensateurs, syntonisateurs, détecteurs d'ondes, cohéreurs divers, les relais, les récepteurs et les répétiteurs.

La combinaison de ces éléments conduit à la description des divers systèmes de radio-télégraphie et à la question si importante de la syntonisation et des communications multiples.

Ce n'est qu'après avoir ainsi mis le lecteur au courant que l'auteur rappelle, dans un chapitre d'un vif intérêt, l'historique des expériences réalisées et, en particulier, les brillantes démonstrations exécutées par Marconi.

Dans tout son ouvrage, M. Mazotto a soin de faire ressortir l'effort de tous ceux qui ont apporté une pierre à l'édifice.

Après un chapitre consacré à la téléphonie sans fil, l'ouvrage se termine par des conclusions délimitant sagement le domaine acquis et faisant pressentir l'extension qu'il est raisonnable d'espérer.

L'ouvrage de M. Mazotto a été traduit de l'italien par M. J.-A. Montpellier, avec une compétence et une habileté telles que cette traduction donne exactement l'impression d'une œuvre originale.

A. Bochet.

Le Secrétaire Administratif, ***Gérant***,

A. de Dax.

IMPRIM. CH. CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14758-7-05. — (Encre Lorilleux).

EN

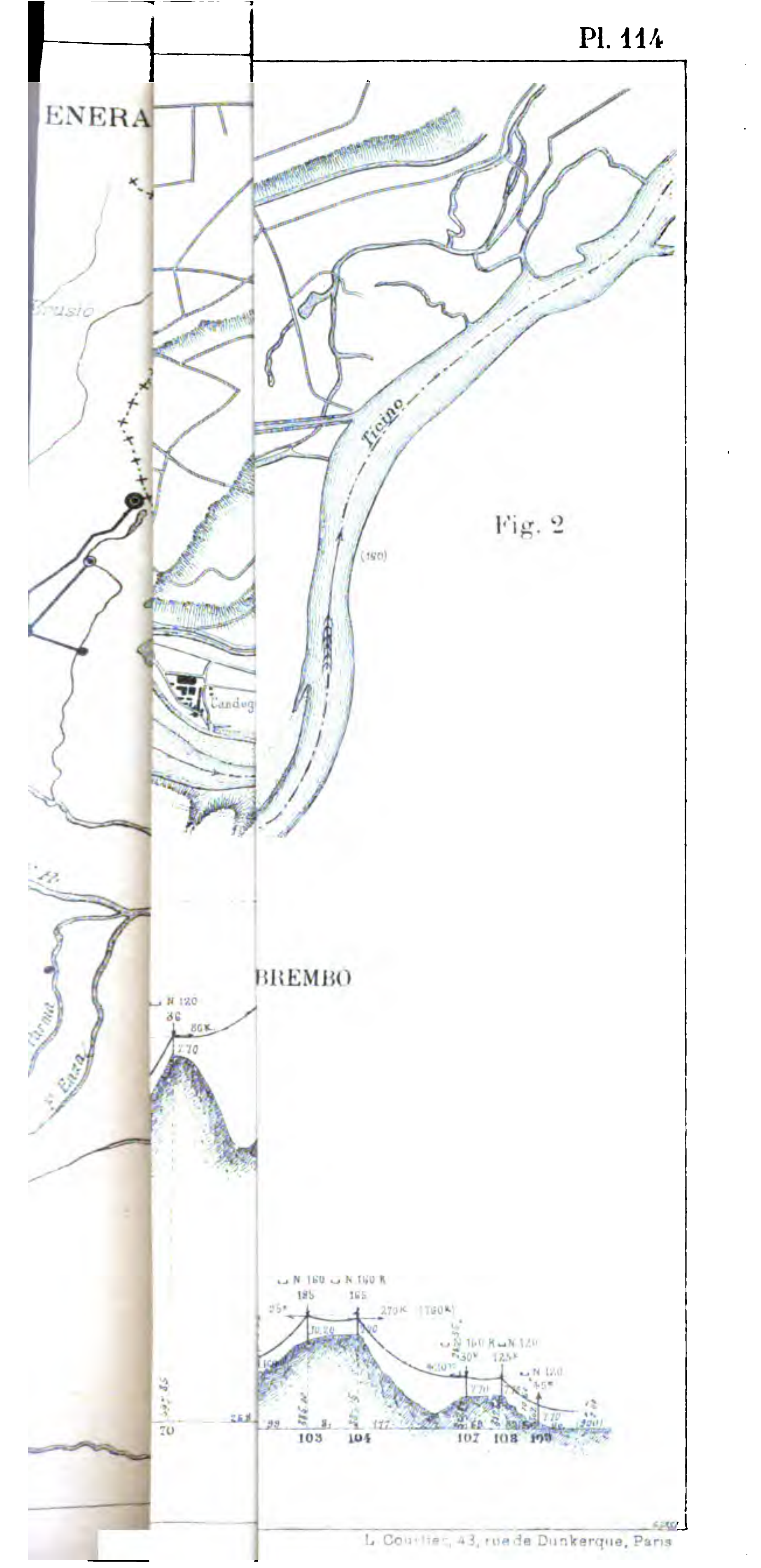


Fig. 2

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1905

N° 9

LES
RÉGULATEURS A FORCE CENTRIFUGE

REMARQUES GÉNÉRALES
SUR LEUR STABILITÉ ET SUR LEUR RÉGLAGE

PAR

L. RITH

Diagrammes des régulateurs.

La détermination théorique du mouvement d'une machine gouvernée par un régulateur à action directe est extrêmement compliquée. Ses difficultés sont multipliées : sans parler de celles qui résultent de la discontinuité, de l'incertitude où l'on se trouve sur l'instant et la grandeur des perturbations, il suffit de remarquer que, d'un côté, le problème n'a pas toutes ses constantes bien connues (dans quelle mesure, par exemple, la position d'une valve réduit-elle la pression de vapeur ?) et que, d'autre part, sa nature même exige des résultats précis. De savants ingénieurs ont publié sur ce sujet des travaux d'un grand intérêt, et nous ne pouvons omettre de citer les noms de M. Léauté (1), de M. Lecornu (2), de M. Dwelshauvers-Dery, et de notre distingué collègue M. Marié, qui a donné des formules d'une très remarquable simplicité (3). Ils ont dû néanmoins, pour poser leurs équations et pour les résoudre, se placer dans des conditions un peu particulières ou considérer des coefficients dont la valeur numérique est incertaine ou variable, de telle sorte qu'on ne passe pas toujours aisément de la théorie à l'application. Ajoutons que la complexité de la question et le nombre pour ainsi dire indéterminé des types de régulateurs et de moteurs, nécessiteraient, pour une étude expérimentale

(1) *Journal de l'École Polytechnique*, 1880.
(2) *Les Régulateurs des machines à vapeur.*
(3) *Régulateurs, organes de réglage et volants des machines.*

complète, une infinité d'essais, dont les résultats seraient d'ailleurs bien difficilement coordonnés.

Il est donc impossible de fixer *a priori*, avec précision, les meilleures données d'établissement d'un régulateur. A l'heure actuelle où l'industrie, l'industrie électrique spécialement, demande aux moteurs une constance d'allures de plus en plus parfaite, cette impossibilité constituerait un très fâcheux inconvénient, si les constructeurs n'avaient un moyen de l'éluder. Il leur suffit en effet de munir le régulateur d'organes de réglage, et, le moteur fournissant son travail ordinaire, d'agir par tâtonnements sur ces organes jusqu'à ce que la vitesse ait l'uniformité voulue. Ce procédé donne un autre avantage : il permet de changer suivant les besoins la vitesse de régime.

Or, pour que ce réglage soit vraiment pratique, il est évidemment bon de pouvoir l'effectuer sans arrêter la marche du moteur, ni par suite celle du régulateur lui-même. Le dispositif de réglage se trouvera donc ajouté, non aux pièces animées d'un mouvement de rotation, c'est-à-dire au régulateur proprement dit, mais aux leviers qui transmettent le mouvement du manchon. Un moyen simple consiste à donner des limites variables aux déplacements de ces leviers ; nous en parlerons accessoirement. Un autre moyen, qui peut se combiner avec le précédent, est l'introduction de contrepoids ou de ressorts qui modifient la loi du mouvement du système.

Les changements qu'on peut apporter ainsi au fonctionnement du régulateur font l'objet de cette communication. Nous y examinerons encore avec quelques détails la stabilité, qui est d'autant plus importante à considérer que l'on veut une régulation plus précise.

Nous allons établir un diagramme permettant de voir aisément ce que deviennent les diverses propriétés d'un régulateur, quand on applique au manchon un effort supplémentaire, qui, d'ailleurs, peut varier d'une manière quelconque avec la position de ce manchon.

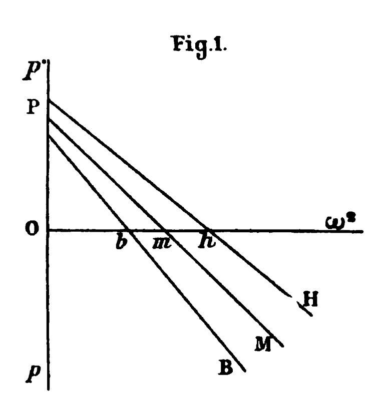
Ce diagramme s'applique aussi, comme cas particulier, aux régulateurs qui ne sont pas pourvus de dispositif de réglage. Il présente même des avantages sur le diagramme ordinairement employé. Celui-ci en effet, dans lequel les vitesses angulaires ou leurs carrés sont pris pour abscisses, et les déplacements du manchon pour ordonnées, ne donne pas une représentation

directe de la résistance de la valve, ni des frottements (ni par suite de la sensibilité et de la régularité), ni de la puissance, et le fonctionnement lui-même de l'appareil ne peut s'en déduire que d'une façon très incomplète.

Aussi allons-nous considérer, d'abord, les régulateurs sans organes de réglage. Nous rappellerons sur notre diagramme les définitions de leurs propriétés statiques. Puis nous entrerons à leur sujet dans certains détails qui nous seront utiles, et qui, ainsi présentés, mettront plus de clarté dans l'explication.

En général nous appellerons « régulateur » l'ensemble constitué par le régulateur proprement dit et les leviers qui transmettent les déplacements du manchon, en y comprenant la valve ou l'organe analogue (cliquet de détente, embrayage, etc.). Nous pourrons dès lors considérer ce système comme isolé, avec cette réserve que le moteur fait tourner quelques-unes de ses pièces, et cette rotation sera le paramètre arbitraire permettant d'étudier le système dans tous les cas possibles.

Nous ne ferons pas d'hypothèses sur la nature de l'appareil, qui pourra comprendre des leviers, des contrepoids et des ressorts, disposés d'une manière quelconque. Toutefois, pour fixer les idées, nous admettrons que la force centrifuge des boules tend à relever le manchon *de bas en haut*. Cela n'est bien entendu qu'une simple convention de langage : il en est de même des termes « boules » et « manchon ».



Portons (fig. 1) en abscisse *le carré de la vitesse angulaire* ω^2, et en ordonnée *l'effort* p *qu'il faudrait exercer sur le manchon pour le maintenir dans une position déterminée.* Cet effort sera porté dans les directions Op ou Op' suivant qu'il s'exercera de haut en bas ou de bas en haut (1).

Considérons une position du manchon, la position médiane par exemple. Pour maintenir cette position quand le régulateur ne tourne pas, il faudrait exercer sur le manchon un effort OP.

(1) Au lieu du manchon, il reviendrait au même de considérer, par exemple, un levier de transmission ou la valve ; l'organe le plus convenable pour le but que nous envisageons serait celui sur lequel agira directement l'effort supplémentaire de réglage.

Nous supposons un instant que les frottements sont annulés : OP est alors bien déterminé. Si le régulateur se mettait progressivement à tourner, la force centrifuge tendrait à élever le manchon, et l'effort p qu'il faut exercer de bas en haut pour le maintenir dans la position médiane, décroîtrait sans cesse à partir de sa valeur initiale OP : ainsi la ligne M qui représente cet effort est inclinée dans le sens indiqué sur la figure 1. L'effort p s'annule pour une certaine vitesse, qui est évidemment celle où le régulateur atteint dans son fonctionnement normal la position médiane. Au delà de cette vitesse, l'effort change de sens.

Or la ligne M est, dans tous les cas, une droite. En effet, puisque nous considérons une position invariable du régulateur, les effort centrifuges ne dépendent que du carré de la vitesse angulaire — c'est-à-dire des abscisses du diagramme — et varient linéairement en fonction de cette quantité. Il en est de même de p, et le lieu M est une droite.

Prenant les positions extrêmes du manchon au lieu de sa position médiane, on obtient d'autres droites : B pour le bas, H pour le haut. Ces trois droites suffisent souvent pour l'étude d'un régulateur, mais il ne peut être qu'avantageux d'en considérer d'autres, surtout dans le cas des régulateurs sensiblement isochrones. Nous reviendrons sur la détermination expérimentale ou théorique de ces droites. Notons seulement qu'elles peuvent être disposées d'une manière quelconque : nous entendons par là qu'étant donnée une série arbitraire de droites, il est facile d'imaginer un régulateur qui les admette comme caractéristiques (1).

Le diagramme nous fournit dès maintenant diverses indications.

Les vitesses b, m, h, pour lesquelles le manchon se maintient

(1) Supposons que le régulateur soit formé de boules ou de disques de poids total P, roulant sur des courbes fixes et soulevant une pièce courbe solidaire du manchon, et déterminons les trajectoires du centre relativement à la partie fixe et relativement au manchon. Appelons y et y' les ordonnées de la première et de la seconde de ces trajectoires pour une distance r de l'axe (le soulèvement du manchon sera $y - y'$), p_0 et μ l'ordonnée initiale et le coefficient angulaire d'une droite du diagramme donné, et g l'accélération de la pesanteur. Nous verrons qu'on a :

$$\left\{\begin{aligned} \mu &= \frac{P}{2g}\frac{dr^2}{d(y - y')} \\ p_0 &= P\,\frac{dy}{d(y - y')} \end{aligned}\right. \qquad \text{d'où} \qquad \left\{\begin{aligned} dy &= \frac{p_0}{2g\mu}\,dr^2, \\ dy' &= \frac{p_0 - P}{2g\mu}\,dr^2. \end{aligned}\right.$$

Ces deux dernières relations permettent de construire les trajectoires, c'est-à-dire les pièces courbes.

en ses trois positions principales sont les vitesses correspondant, dans le fonctionnement normal, à ces trois positions.

Le rapport d'isochronisme a pour valeur, par définition :

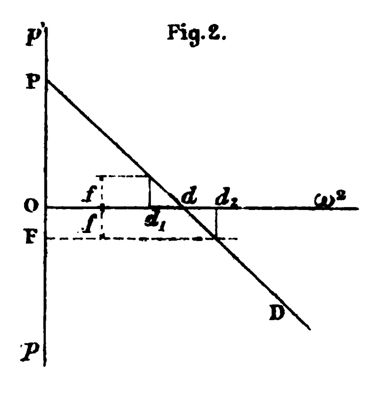
$$\frac{\sqrt{\overline{Om}}}{\sqrt{\overline{Oh}} - \sqrt{\overline{Ob}}}, \quad \text{ou} \quad \frac{\sqrt{\overline{Om}}\,(\sqrt{\overline{Oh}} + \sqrt{\overline{Ob}})}{Oh - Ob}.$$

Dans le cas assez général où les vitesses b, m, h, diffèrent peu, on peut remplacer le numérateur par $2Ob$; le rapport s'écrit alors :

$$2\,\frac{\overline{Ob}}{\overline{bh}}.$$

Un régulateur isochrone, c'est-à-dire un régulateur où toutes les positions des boules correspondent à une même vitesse, a toutes ses droites concourant sur $O\omega^2$.

Voyons comment ces résultats sont modifiés sous l'influence des frottements de l'appareil. Appelons f le frottement ramené au manchon (1), pour une position du régulateur à laquelle correspond la droite D (*fig.* 2). Le frottement équivaut à un effort égal à f et dirigé en sens contraire du mouvement. Tout se passe donc, quand le manchon arrive en montant à la position D, comme si le frottement n'existait pas et qu'on ajoute au manchon l'effort OF : or pour la position D et l'effort OF, la vitesse est d_2. — De même, quand le manchon atteindra en descendant la position D, la vitesse sera d_1. Quand il y sera immobile, la vitesse sera comprise entre d_1 et d_2.



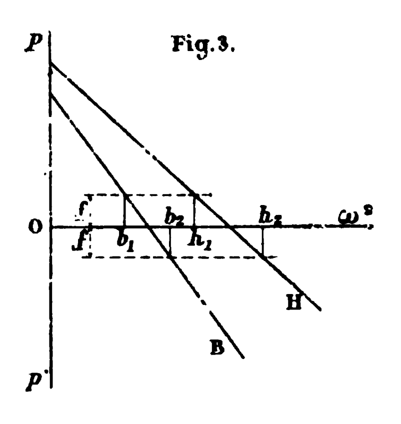
Le rapport de la valeur moyenne de ces vitesses extrêmes d_1 et d_2 à leur différence est la *sensibilité* du régulateur. En raisonnant comme nous l'avons fait pour l'isochronisme, on peut remplacer ce rapport par le suivant :

$$2\,\frac{Od_1}{d_1 d_2}.$$

(1) Les résistances comme celle de la valve sont comprises dans ce frottement.

Les vitesses extrêmes absolues sont b_1 et h_2 (*fig.* 3) (1). Les régulateurs pseudo-isochrones sont ceux où b_2 et h_1 coïncident.

La *puissance* du régulateur pour une position D (*fig.* 2) n'est autre chose que OP, c'est-à-dire l'effort à appliquer au manchon pour le maintenir en cette position, quand le régulateur ne tourne pas. L'importance de cette propriété ne ressort pas de sa définition même. Mais les triangles semblables de la figure 2 montrent immédiatement que la puissance est égale au frottement multiplié par le rapport de sensibilité. Par suite, si on arrive à doubler la puissance d'un régulateur, on peut vaincre un frottement deux fois plus fort sans diminuer la sensibilité, ou bien doubler la sensibilité si le frottement reste le même. L'avantage d'une puissance élevée n'est pas moindre au point de vue dynamique : nous verrons en effet que, toutes choses égales d'ailleurs, la rapidité d'action d'un régulateur est proportionnelle à sa puissance.



Occupons-nous maintenant de la détermination des droites caractéristiques.

On l'obtient, en principe, en faisant tourner le régulateur successivement à deux vitesses bien connues. A chacune d'elles, on cherchera les efforts nécessaires pour maintenir le manchon dans ses diverses positions : on peut le faire en suspendant des poids au levier que conduit le manchon, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un fil et d'une poulie légère (2). Les mesures de cette nature sont généralement faciles et susceptibles d'une grande exactitude. Si le frottement était nul, on aurait ainsi les ordonnées, correspondant à une même abscisse, des différentes droites D. Pour tenir compte du frottement et l'évaluer en même temps, il suffit d'effectuer les pesées en faisant monter lente-

(1) Le rapport de la vitesse moyenne à la différence de ces vitesses extrêmes est la régularité du régulateur. Nous l'appellerons isochronisme sans qu'il puisse en résulter de confusion, puisque c'est en réalité l'isochronisme, défini plus haut, modifié par le frottement, l'isochronisme *réel*.

(2) Cela serait impossible, comme nous le verrons plus loin, si pour la vitesse choisie le régulateur était instable. Il faudrait alors changer la vitesse, ou rendre l'appareil stable en ajoutant un ressort de flexibilité suffisamment faible.

ment et progressivement le manchon, puis en le faisant descendre de la même manière; la différence des poids pour une même position est le double du frottement, et leur moyenne est l'ordonnée de D. — En particulier l'une des deux vitesses peut être nulle. Mais dans ce cas les frottements sont parfois assez forts parce que les « mouvements louvoyants » n'existent pas (1). Il y aurait en général avantage à adopter une vitesse voisine du fonctionnement normal et une autre assez différente et pas trop faible. Le mieux, évidemment, serait de prendre plusieurs vitesses au lieu de deux.

Si l'on n'avait qu'une épure du régulateur, le représentant dans une position pour laquelle on veut D, la statique graphique permettrait de déterminer, avec facilité et précision, l'ordonnée initiale et une ordonnée quelconque.

On peut aussi partir de la formule d'équilibre de l'appareil, si on l'a. Cette formule se présente ordinairement sous la forme :

$$F(\omega^2, \alpha, \pm f) = 0,$$

où α définit la position des boules et par suite celle du manchon, et où $\pm f$ est le frottement ramené au manchon. En remplaçant $\pm f$ par p, cette formule devient précisément l'équation générale des droites D.

Enfin, si le régulateur obéit à une loi cinématique simple, des considérations faciles de géométrie élémentaire permettront souvent de déterminer ses droites caractéristiques. Nous allons prendre quelques exemples. Auparavant, calculons le coefficient angulaire μ d'une droite D.

$\mu = \frac{\partial p}{\partial \omega^2}$: supposons donc que sans changer la position du manchon, on donne un accroissement $d\omega^2$, et évaluons l'accroissement dp correspondant. Soit, à une distance r de l'axe, distance qui croît de dr quand le manchon s'élève de dh, un élément de masse m. La force centrifuge qui agit sur cet élément croît de $mrd\omega^2$, et se traduit sur le manchon par une augmentation d'effort égale à

$$mrd\omega^2 \frac{dr}{dh};$$

(1) Un manchon, par exemple, peut exercer sur un arbre fixe un frottement constant; mais ce frottement, dont la direction tend à devenir parallèle à l'axe à mesure qu'on augmente la rotation du manchon, s'oppose de moins en moins à un déplacement parallèle à l'axe. C'est là le phénomène connu sous le nom de mouvement louvoyant.

dp est la somme de ces efforts :

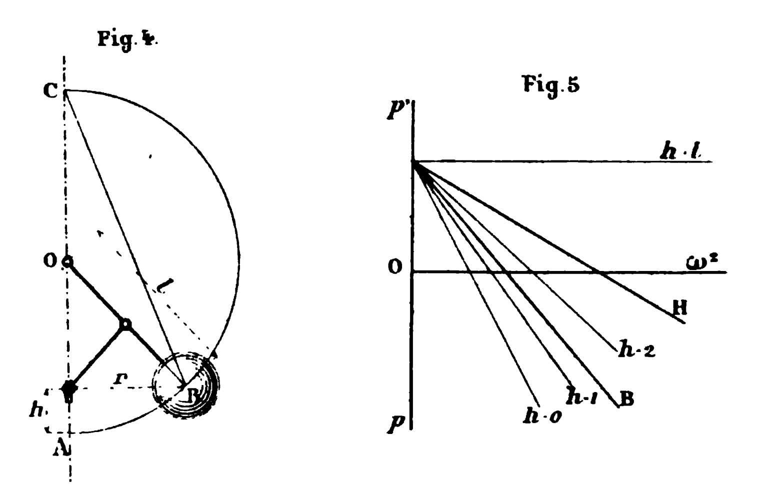
$$dp = \Sigma\, mr d\omega^2 \frac{dr}{dh} = \frac{d\omega^2}{2} \Sigma\, m \frac{dr^2}{dh}.$$

Donc
$$\mu = \frac{1}{2} \Sigma\, m \frac{dr^2}{dh}.$$

Si la force centrifuge n'agit que sur des boules de masse M

$$\mu = \frac{M}{2} \frac{dr^2}{dh}.$$

Considérons un régulateur de Watt *(fig. 4)*. Le soulèvement du manchon est constamment égal à celui des boules; donc, la vitesse ω étant nulle, la valeur de OP reste égale pour toutes les



positions du manchon au poids des boules. — Dans le triangle ABC inscrit dans le cercle lien du centre des boules, on a

$$r^2 = h(2l - h),$$

d'où
$$\mu = \frac{M}{2} \frac{dr^2}{dh} = M(l - h).$$

Ainsi les droites divergent à partir de P, et leurs coefficients angulaires décroissent régulièrement depuis la valeur M*l* pour $h = 0$, jusqu'à 0 pour $h = l$ *(fig. 5)*.

On voit de même que dans le régulateur Porter, OP est égal au poids d'une boule augmenté de celui du contrepoids et que

le coefficient angulaire varie comme dans l'appareil précédent.

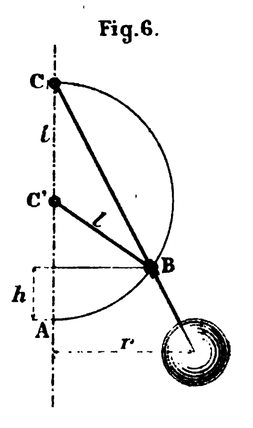
Dans un régulateur parabolique dont le manchon s'élève proportionnellement aux boules, les droites concourent sur pp' ; de plus, comme par définition de la parabole

$$r^2 = kh \qquad \text{d'où} \qquad \mu = \frac{M}{2}k,$$

toutes ces droites sont parallèles, et par suite confondues.

Il en est de même pour le régulateur Rankine (*fig. 6*). En effet, ici les boules sont équilibrées : donc les droites du diagramme concourent en un même point P de pp' (OP étant égal au poids du manchon). Ces boules tournent autour d'un point C de l'axe, et le manchon est suspendu en B par la bielle C'B qui se déplace autour du point fixe C' et dont la longueur l est égale à CC'. Les triangles rectangles de la figure montrent que AB est proportionnel à r ; d'ailleurs

$$\overline{AB}^2 = h.2l.$$



Donc r^2 est proportionnel à h, et les droites sont parallèles et par suite confondues puisqu'elles sont déjà concourantes.

Le régulateur Andrade se distingue du précédent, en ce que les boules ne sont plus équilibrées. Les droites D sont encore parallèles, et leurs ordonnées initiales se trouvent aisément d'après les rapports des soulèvements du manchon et des boules.

Le régulateur Buss a ses droites concourantes; l'équation d'équilibre donne leurs coefficients angulaires, dont la variation suit une loi relativement compliquée.

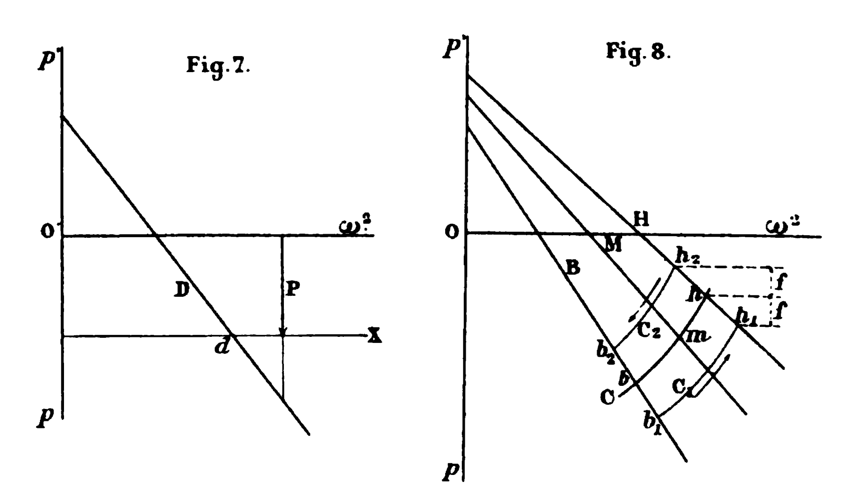
Le diagramme d'un régulateur à suspension indirecte se déduit aisément du régulateur analogue à suspension directe. Car si l'on figure ces deux appareils placés horizontalement, on voit de suite que la force centrifuge agit de la même manière sur les manchons de l'un et de l'autre; ainsi les droites ont même coefficient angulaire. Leurs ordonnées initiales sont d'ailleurs différentes et se déterminent d'après les soulèvements des boules (1).

(1) Dans ces exemples, nous avons naturellement négligé les efforts que les leviers de transmission peuvent exercer sur le manchon; on pourrait tenir compte de ces efforts en utilisant les remarques qui vont suivre.

Addition d'un effort.

Un contrepoids ou un ressort, ajouté aux leviers qui transmettent le mouvement du manchon, détermine sur ce dernier un effort supplémentaire toujours facile à évaluer. Comment, de ce fait, les propriétés statiques du régulateur se trouvent-elles modifiées ?

Soit D (*fig.* 7), une droite du diagramme. Nous savons que ses ordonnées représentent les efforts primitivement nécessaires pour obtenir l'équilibre du manchon dans une certaine position. Supposons que l'effort supplémentaire ait pour cette position la valeur P. Si l'on veut maintenir l'équilibre du manchon, il faut exercer sur lui de nouveaux efforts, qui à la constante P près, sont égaux aux premiers, et qui sont par suite représentés par les ordonnées de D comptées à partir de l'horizontale X.



Dans le cas d'un contrepoids directement ajouté au manchon, P est constant : il suffit d'abaisser de P l'axe des abscisses, et la figure montre les nouvelles propriétés statiques de l'appareil. (La puissance croit de P; le nombre de tours, donné par l'abscisse de *d*, est augmenté, ainsi que la sensibilité; et pour tous les régulateurs où le manchon s'élève proportionnellement aux boules, c'est-à-dire où les droites concourent sur *pp'*, l'isochronisme n'est pas modifié.)

En général P varie avec la position du manchon. Soient alors *b*, *m*, *h*, (*fig.* 8) les points correspondant au point *d* de la figure

précédente. Les ordonnées de ces points sont les accroissements de puissance pour les positions extrêmes et médiane; leurs abscisses donnent les vitesses de fonctionnement. Les points analogues pour les diverses positions forment une certaine courbe C passant par *b*, *m*, *h* et qui d'ordinaire est ainsi suffisamment définie. Plus cette courbe se rapproche de la verticale et plus l'isochronisme augmente.

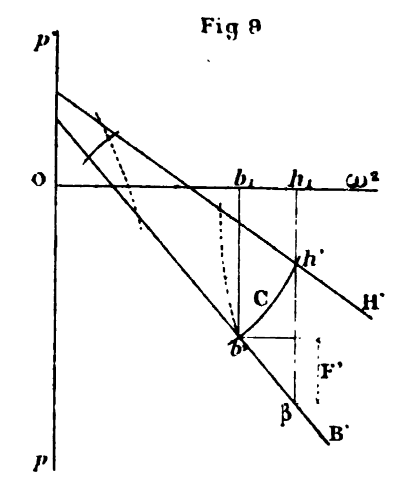
On tient compte du frottement par le raisonnement employé plus haut. Il a pour effet une indétermination (égale à $2f$ et variable en général avec la position du manchon) sur les ordonnées des points tels que *b*, *m*, *h*, ou, si l'on veut, sur la courbe C. Celle-ci se trouve remplacée par deux courbes C_1 et C_2 : par C_1 quand le manchon monte et par C_2 quand il descend. Le point du plan déterminé par la position du manchon et par la vitesse de rotation se déplace donc sur ces deux courbes dans le sens des flèches; il passe de l'une à l'autre en suivant une des droites caractéristiques, et il peut se trouver en un endroit quelconque à l'intérieur du quadrilatère courbe $b_1 h_1 h_2 b_2$. Les points b_2 et h_1 donnent les vitesses extrêmes et la régularité (ou isochronisme réel) de l'appareil. Le régulateur est pseudo-isochrone quand b_1 et h_2 sont sur une même verticale.

Nous allons montrer que ce mode de représentation est tout à fait général. Puisque, pour les ordonnées des diverses droites D, B, M, H, l'axe $O\omega^2$ est supposé transporté horizontalement en *d*, *b*, *m*, *h*, on pourrait passer de la figure 8 à la figure 1 — c'est-à-dire faire coïncider C avec $O\omega^2$ — en transportant les droites parallèlement à *pp'* de façon que *d*, *b*, *m*, *h* soient sur $O\omega^2$. Si, inversement, on veut passer de la figure 1 à la figure 8, on voit de suite qu'un régulateur donné peut être représenté par une infinité de diagrammes, dont chacun est caractérisé par une courbe C particulière : dans ces différentes courbes, les points qui correspondent à une même position du manchon ont les mêmes abscisses, mais des ordonnées arbitraires (1). En définitive, on peut représenter un régulateur quelconque, qu'il ait ou non des organes de réglage, par un diagramme analogue à celui de la figure 8 : c'est ce que nous ferons désormais.

(1) A condition bien entendu que les droites caractéristiques soient déplacées en même temps que les points correspondants de la courbe C. Mais une fois choisies les positions des droites et par suite la courbe C initiale, toute courbe C nouvelle représentera l'introduction d'efforts supplémentaires mesurés par la différence des ordonnées des deux courbes.

Supposons que l'organe de réglage dont on veut munir un régulateur, consiste en un ressort dont une extrémité s'attache en un certain point du levier que conduit le manchon, et dont l'autre aboutit en un point immobile. Si l'on se donne ces deux points ainsi que la tension et la flexibilité du ressort, rien n'est plus simple que de déterminer les efforts produits sur le manchon, puis la courbe C qui leur correspond (1), et par suite les nouvelles propriétés du régulateur : ces propriétés devront être celles qu'on suppose, *a priori*, les plus convenables au fonctionnement normal de l'appareil. — Il faudra, pour permettre le réglage, que les points d'attache du ressort puissent être déplacés de certaines quantités. Or en même temps que ces points d'attache, la courbe C change : en la traçant dans ses positions extrêmes et dans quelques positions intermédiaires, on verra si l'isochronisme et la sensibilité pourront subir des variations suffisant largement à assurer le réglage ; on verra également si les limites de la vitesse de rotation sont celles qu'on s'est imposées.

Le ressort une fois choisi, et placé sur l'appareil, les diverses courbes C réduiront très notablement les tâtonnements du réglage proprement dit, puisqu'elles montrent, par exemple, dans quel sens et dans quelle mesure le déplacement d'un des points d'attache modifie les propriétés du régulateur.



Nous pourrons préciser ces indications quand nous aurons étudié les régulateurs au point de vue de leur stabilité.

Régulateurs stables.

Le diagramme de la figure 8 représente un régulateur stable, parce que b est à gauche de m et m à gauche de h.

En effet, considérons deux droites voisines B' et H' (*fig.* 9), dont la première corresponde à une position plus basse du manchon que la seconde : nous allons voir qu'il y a stabilité si b' est

(1) Cette nouvelle courbe C, qui correspond à des efforts supplémentaires, est définie exactement à la fin de la note de la page précédente.

à gauche de h'. Admettons que le manchon se trouvant en équilibre dans la position B′, on augmente la vitesse de rotation de $d\omega^2 = b_1h_1$. L'effort b_1b' qui agit sur le manchon est inférieur à l'effort $h_1\beta$ qui deviendrait nécessaire pour que l'équilibre fût conservé : le manchon s'élève donc, et, quand il atteint la position H′, il retrouve son équilibre. On vérifierait de même que la seconde courbe pleine donne également un fonctionnement stable, et que les deux courbes pointillées donnent un fonctionnement instable ; l'inverse aurait lieu si B′ correspondait à une position plus élevée que H′. On arriverait aux mêmes résultats en supposant que la vitesse reste constante, mais qu'une cause accidentelle vienne écarter le manchon de sa position primitive.

La stabilité sera d'autant plus grande, dans l'exemple que nous venons d'examiner, que le manchon passera plus vite de B′ en H′, ou (ce qui revient au même) que le rapport entre son accélération initiale γ et l'intervalle Z', qui sépare ces deux positions, sera plus élevé. Ce rapport $\frac{\gamma}{Z'}$ peut donc servir à évaluer numériquement la stabilité, que nous envisageons ainsi à un point de vue *dynamique*. Il mesure la « rapidité d'action » ou « promptitude » du régulateur. Nous allons calculer l'expression S de ce rapport $\frac{\gamma}{Z'}$, parce que nous pensons qu'il caractérise bien le fonctionnement dynamique de l'appareil. En effet, deux régulateurs pour lesquels sa valeur est la même sont également retardés par les effets d'inertie ; s'ils étaient conduits par un même moteur, leurs déplacements se correspondraient exactement : ils sont en un mot dynamiquement équivalents. Nous verrons d'autre part que la période d'oscillation propre du régulateur ne dépend que de S.

Nous pouvons supposer qu'au lieu de donner l'accroissement $d\omega^2 = b_1h_1$, on ajoute au manchon un effort $h'\beta = F'$, car l'effet produit sur le système serait au début exactement le même. Avant l'introduction de F′ le manchon était en équilibre, et, pour un petit déplacement dZ' du manchon, la somme des travaux des forces était nulle. Donc quand on ajoute F′ cette somme se réduit à $F'dZ'$. Ce travail est équivalent à la somme des forces vives communiquées aux points du système : soient m une masse élémentaire et v sa vitesse quand le manchon a parcouru dZ' :

$$F'dZ' = \frac{1}{2}\Sigma mv^2.$$

Le système étant à liaisons complètes, les vitesses de tous les points sont proportionnelles entre elles pour de petits déplacements. Supposons d'abord que cette proportionnalité puisse être admise pour toute la course du manchon : si pour cette course Z la masse m subit un déplacement δ, on peut écrire, en appelant V la vitesse du manchon :

$$F'dZ' = \frac{1}{2} \Sigma m \left(V \frac{\delta}{Z}\right)^2 = \frac{V^2}{2} \Sigma m \frac{\delta^2}{Z^2}.$$

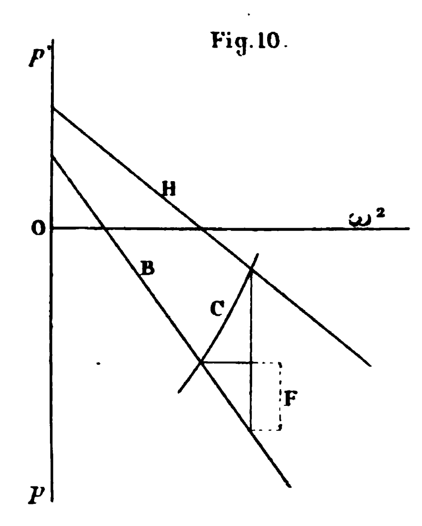
Cette relation montre qu'au début le mouvement du manchon est le même que celui d'un corps de masse $\Sigma m \frac{\delta^2}{Z^2}$ qui serait soumis à l'action de la seule force F' : son accélération initiale est donc :

$$\gamma = \frac{F'}{\Sigma m \frac{\delta^2}{Z^2}}$$

et le coefficient de stabilité :

$$S = \frac{F'}{Z'} \frac{1}{\Sigma m \frac{\delta^2}{Z^2}}.$$

Or, la position d'équilibre statique du manchon étant une fonction de ω^2, Z' est proportionnel à $d\omega^2$. Il en est de même d'après la figure 9 de F' : donc les petites variations de F' et Z' sont proportionnelles entre elles, et, si on appelle F le segment correspondant à toute la course du manchon (*fig. 10*), l'expression définitive du coefficient de stabilité est :



$$S = \frac{F}{\Sigma m \frac{\delta^2}{Z}}.$$

A la condition, toutefois, que tout reste proportionnel durant la course entière du manchon ; sinon S ne serait qu'un coefficient moyen, et ses valeurs particulières seraient obtenues en partageant cette course en plusieurs intervalles.

Le calcul du dénominateur de S, $\Sigma m \frac{\delta^2}{Z}$, se fait sans difficulté sur une épure du régulateur. Quant au numérateur F, il est donné par le diagramme; on peut aussi remarquer, d'après la figure 10, que cet effort F est égal à la puissance divisée par le rapport d'isochronisme.

Si, dans la valeur de définition de S, on remplace γ par $\frac{d^2Z'}{dt^2}$ et qu'on intègre, on trouve pour durée d'une oscillation complète du manchon :

$$\frac{2\pi}{\sqrt{S}}.$$

La détermination de cette durée offre de l'intérêt. Si, en effet, elle est voisine de la période du moteur (ou qu'elle en soit un multiple ou un sous-multiple exact), le phénomène bien connu des *oscillations rythmées* tendra à augmenter de plus en plus l'amplitude des oscillations. En particulier, quand la vitesse subit entre chaque effort moteur des variations notables — et c'est le cas de la plupart des moteurs à gaz — ce fait peut apporter un grand trouble dans le fonctionnement du régulateur. M. Duveau a remarqué que les oscillations du manchon vont en croissant progressivement, puis décroissent d'une façon régulière, pour croître ensuite de nouveau : il nous semble que la cause doit en être attribuée à l'effet dont nous parlons. En tout cas, il serait facile de s'en assurer, dans une circonstance analogue, en ajoutant aux leviers de transmission une masse équilibrée qui change la période d'oscillation propre; cette partie du réglage peut être importante.

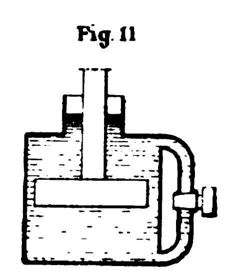
Quand on remplace un contrepoids par un ressort pour augmenter la promptitude (en diminuant le dénominateur de S), il faut tenir compte de ce qu'on réduit la période d'oscillation, souvent d'une manière considérable. Prenons un exemple. Un régulateur Porter dont les boules pèsent 10 kg et le contrepoids 100 kg, et dont les tiges longues de 15 cm ont une inclinaison moyenne de 30 degrés, fait une oscillation en 1,04 seconde. Si on remplace le contrepoids par un ressort (1), cette durée tombe à 0,31 seconde.

Au lieu de changer la période d'oscillation en introduisant une masse équilibrée, il est plus simple et plus efficace d'employer

(1) Nous supposons le poids de ce ressort négligeable, et, pour avoir la même courbe C qu'avec un contrepoids, son effort constant.

une cataracte. Un tel organe n'augmente pas seulement la durée des oscillations, mais il éteint rapidement leur amplitude. Par contre, il réduit la rapidité d'action quand il est trop puissant; aussi, pour atteindre un juste milieu, doit-on le munir d'un robinet de réglage, comme l'indique la figure 11, qui représente une cataracte à liquide. Les cataractes à liquide sont beaucoup plus puissantes à volume égal, et plus facilement réglables que les cataractes à air; la figure montre que, contrairement à une opinion répandue, elles n'exigent pas de joint, et partant ne donnent pas de frottement proprement dit. D'ailleurs, elles constituent seules de véritables amortisseurs, car les cataractes à air ne produisent d'effet que quand le déplacement a été suffisant pour comprimer l'air, et cette compression de l'air, subsistant en partie après l'annulation de la vitesse, agit alors à la manière d'une véritable ressort.

Fig. 11



Un régulateur muni d'une cataracte est assimilable à un pendule oscillant dans un fluide. Il est clair que l'étude théorique d'un tel mouvement serait complètement inutile; ce qu'il faut c'est un robinet ou un pointeau de réglage, dont on cherche par tâtonnements la meilleure position.

Dans ce que nous avons dit concernant la stabilité, nous n'avons pas tenu compte du frottement proprement dit, qui agit sur le régulateur comme l'arbre de suspension sur un pendule simple : son effet est complexe, et s'il contribue à réduire les oscillations il n'en est pas moins à éviter le plus possible.

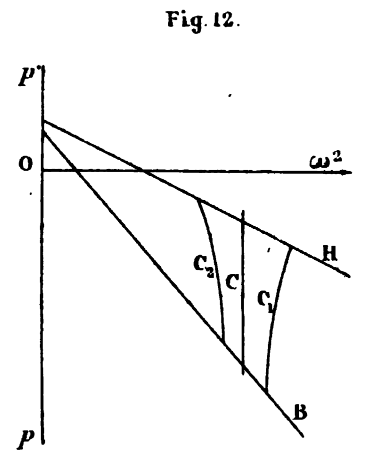
Régulateurs isochrones.

Si un moteur avait une vitesse rigoureusement constante, son régulateur ne pourrait être qu'isochrone : cela est évident puisque les vitesses du moteur et du régulateur sont toujours proportionnelles. On a été conduit ainsi à rechercher l'isochronisme parfait : les appareils établis sur ce principe pour l'action directe ont été abandonnés après qu'une pratique assez longue eut fait reconnaître leurs défauts. A vrai dire, on peut s'étonner qu'ils aient été pris pour cet usage, car leurs inconvénients sont faciles à prévoir, et la théorie la plus simple aurait dû suffire à

proscrire leur emploi : nous allons nous en rendre compte par un rapide examen.

La vitesse d'un moteur, ne pouvant être absolument constante, oscille toujours autour de sa valeur normale, qu'elle n'atteint, d'une façon très générale, que pour la dépasser aussitôt. A l'instant où cette valeur normale est obtenue, le régulateur isochrone passe donc brusquement d'une de ses positions extrêmes à l'autre : cela se produit d'autant plus fréquemment que la vitesse reste plus constante. Ainsi, le régulateur se meut par à-coups continuels. On peut remarquer qu'il agit sur le moteur, pour changer du tout au tout les conditions de son fonctionnement, au moment précis où la vitesse normale est atteinte : ce fait, qui de prime abord paraît singulier, s'explique d'ailleurs aisément.

Fig. 12.



Statiquement, l'isochronisme est difficile à réaliser. Il faut, en effet, que la courbe C (*fig. 12*) soit bien verticale, c'est-à-dire que pour chaque position du manchon, l'effort additionnel ait une valeur exactement déterminée. De plus, même si cette condition était réalisée, C_1 et C_2 devraient coïncider avec C : autrement dit, tout frottement devrait être annulé.

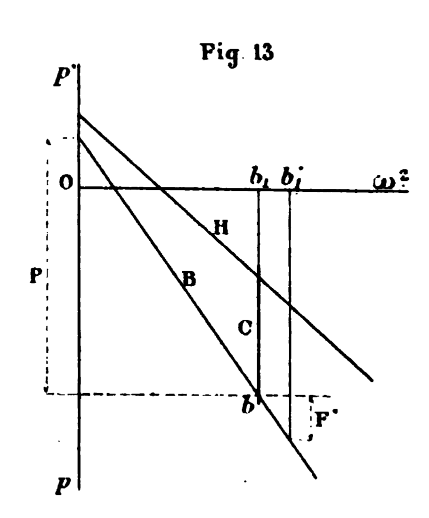
M. Dwelshauvers-Dery a montré que le frottement a pour effet de rendre le régulateur instable à la montée ou à la descente du manchon (1). Ce résultat est évident sur notre diagramme (*fig. 12*), car les droites D ont, en général, des inclinaisons différentes : si le frottement est constant, les courbes C_1 et C_2 sont inclinées dans des sens différents de chaque côté de C, c'est-à-dire qu'il y a instabilité seulement à la montée ou seulement à la descente du manchon. Il serait facile, mais de peu d'intérêt pratique, de trouver les conditions mécaniques qui rendraient C_1 et C_2 parallèles à C.

Si la machine tournait exactement à sa vitesse normale, la stabilité serait nulle, puisque alors le manchon serait en équilibre

(1) *Revue de Mécanique*, janvier 1903.

indifférent. Mais ce qui se passe dans la réalité, et ce qu'il convient ici de considérer pour étudier les effets d'inertie, c'est une petite accélération telle, que la vitesse traverse sans s'y arrêter sa valeur normale, celle du fonctionnement du régulateur. Dans ce cas, la stabilité est encore nulle, car l'effort de rappel est du même ordre que dans un appareil non isochrone (et se lit aisément sur le diagramme) tandis que le déplacement n'est plus très faible. D'un autre côté, comme on ne peut plus établir de correspondance entre un petit accroissement de vitesse et un petit déplacement du manchon, le raisonnement dont nous nous sommes servi pour calculer le coefficient de stabilité dans le cas général, ne peut plus être employé (à moins de considérer l'isochronisme comme un cas limite, mais alors le coefficient S indique simplement que la stabilité est nulle). Nous mesurerons la promptitude d'action, qui nous a servi à évaluer numériquement la stabilité, de la manière suivante.

Pour que deux régulateurs isochrones soient dynamiquement équivalents, il faut qu'étant conduits par un même moteur, et la multiplication des vitesses étant réglée pour que le fonctionnement de chacun d'eux corresponde à une seule et même vitesse du moteur, leurs mouvements se correspondent entièrement. Les manchons partant ensemble d'une position extrême devront arriver ensemble à l'autre. Leurs accélérations initiales γ seront entre elles comme leurs courses Z. Un calcul analogue à celui que nous avons fait précédemment donne



$$\frac{\gamma}{Z} = \frac{F'}{\Sigma m \frac{\varepsilon^2}{Z}}$$

F' étant l'accroissement d'effort dû à l'accélération $b_1 b_1'$, (*fig. 13*) et les autres notations étant les mêmes que plus haut. La figure montre que l'effort F' est égal à la puissance P multipliée par l'accroissement relatif de ω^2 : puisque les deux appareils subissent la même accélération relative, les efforts F' seront pour chacun d'eux dans le rapport des

puissances, et l'on peut prendre pour coefficient de stabilité

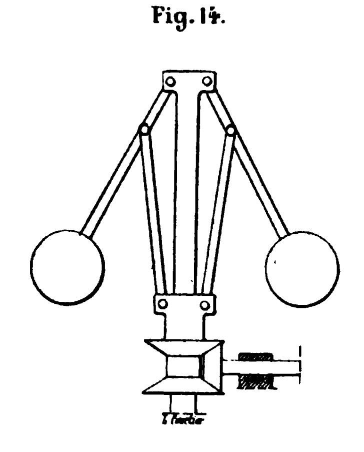
$$S_1 = \frac{P}{\Sigma m \frac{\delta^2}{Z}}.$$

Les deux régulateurs seront dynamiquement équivalents si cette expression a la même valeur pour chacun d'eux. Sinon les durées que mettront leurs manchons pour passer d'une position extrême à l'autre seront dans le rapport inverse des racines de S_1 (1).

Nous noterons que S_1 n'est autre chose que le coefficient S des régulateurs non isochrones divisé par le rapport d'isochronisme. Par suite S_1 permet de comparer des régulateurs quelconques, mais ayant même rapport d'isochronisme : il est remarquable que cette expression soit la même pour les deux genres d'appareils, car nous n'y sommes arrivé que de points de départ essentiellement différents.

Le frottement et l'inertie, qui, comme nous l'avons vu, s'opposent à la réalisation de l'isochronisme, peuvent être évités en annulant la course du manchon. Supposons que le manchon porte un double cône de friction, appuyé comme l'indique la figure 14 sur un cône dont l'axe est immobile : le manchon appuie d'un côté ou de l'autre de ce dernier cône suivant la vitesse (2). Abstraction faite du mouvement de rotation, le régulateur reste immobile, et tout effet d'inertie est supprimé. En remplaçant les articulations par des lames d'acier minces, les frottements propres du régulateur (qui d'ailleurs sont généralement très faibles) n'existeraient pas ; on pourrait enfin assurer l'embrayage immédiat en substituant de fines dentures aux surfaces lisses des cônes et en laissant au manchon un très faible déplacement.

Fig. 14.



(1) Cette durée est $\sqrt{\frac{2}{\Sigma m \frac{\delta^2}{Z}}} \sqrt{F'}$. Elle serait $\sqrt{\frac{2}{S_1}}$ si l'accroissement relatif de ω^2 était 1, c'est-à-dire si la vitesse était subitement annulée, on multiplie par 1,41. — Bien entendu, nous avons admis la constance de S pour toute la course du manchon.

(2) Sous le titre « Régulateurs à cônes de friction » M. Lecornu cite différents appareils qui ont été construits sur ce principe. (*Les Régulateurs des machines à vapeur.*)

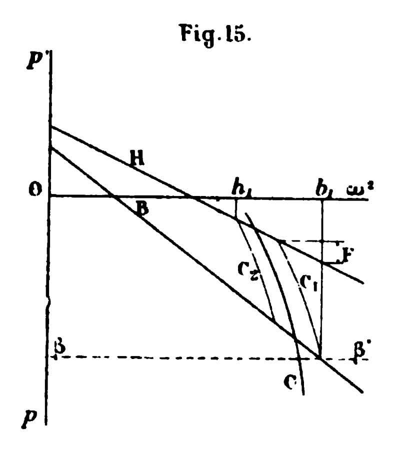
Dans de telles conditions un régulateur quelconque est isochrone ; un ressort agissant sur le manchon permet de faire varier à volonté la vitesse de régime. Un appareil semblable ne peut être qu'à action indirecte, mais c'est la seule manière d'utiliser avec avantage les régulateurs isochrones, — qui peuvent de cette façon donner d'excellents résultats, si toutefois la rapidité d'action du servo-moteur est convenablement réglée.

Régulateurs instables.

Voyons comment fonctionne le régulateur de la figure 15, que nous savons instable.

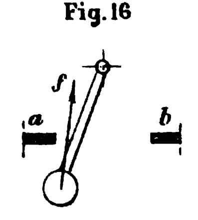
Aux faibles vitesses le manchon ne peut être qu'au bas de sa course, car il faudrait le pousser de bas en haut pour l'équilibrer en toute autre position. Considérons donc la droite B, dont nous comptons les ordonnées à partir de $\beta\beta'$, et supposons que la vitesse aille en croissant : ce n'est que quand cette vitesse dépasse la valeur b_1 que le manchon commence à s'élever ; mais à mesure qu'il se déplace la force qui le sollicite augmente, de sorte qu'il monte brusquement jusqu'au haut de sa course, où il est maintenu par l'effort F. Il y restera jusqu'à ce que la vitesse redevienne inférieure à h_1, et alors il tombera d'un seul coup jusqu'au bas, pour recommencer ensuite son mouvement suivant la même loi.

Fig. 15.



En fait, si la vitesse était rigoureusement constante et si on plaçait le manchon à la position correspondante, il y resterait, mais il s'y trouverait en équilibre instable ; et si la vitesse venait par exemple à augmenter, il monterait aussitôt jusqu'au haut de sa course : on le voit par l'examen du diagramme. — D'ailleurs un régulateur instable est entièrement comparable à un pendule ordinaire pouvant se déplacer entre certaines limites *a* et *b* (fig. 16), et soumis à une seule force *f* dont la direction va-

Fig. 16



rierait en restant dirigée de haut en bas. (Pour passer de là au cas d'un régulateur stable, il suffirait de renverser le sens de la force *f*.)

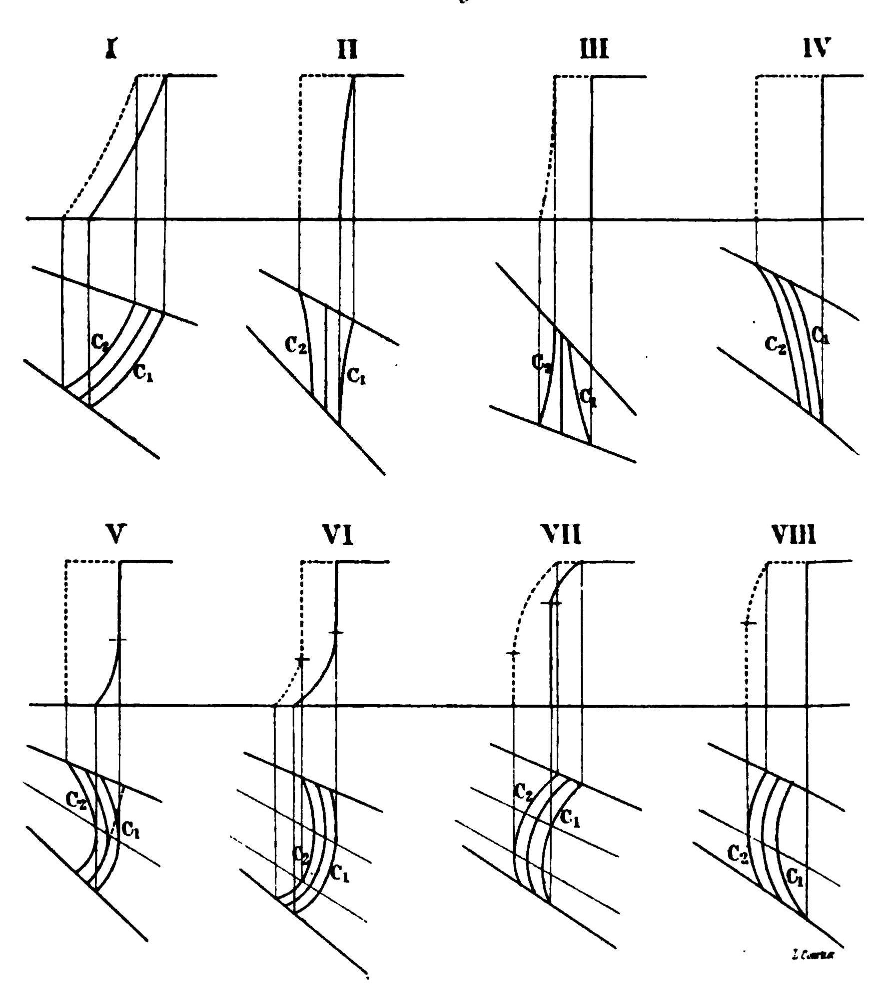
Les régulateurs instables se déplacent donc par mouvements brusques, comme les régulateurs isochrones, mais en laissant un intervalle plus ou moins grand entre la vitesse de montée et la vitesse de descente ; ils ne fonctionnent nullement « à contre-sens », comme le disent souvent les auteurs mêmes qui ont étudié les régulateurs. Ils pourraient être utilisés avec avantage dans les moteurs où s'emploie le système du « tout ou rien », surtout si la vitesse n'a pas besoin d'être absolument constante, et si l'inertie des pièces en mouvement est considérable ; c'est le cas de nombreux moteurs à gaz (1). On peut remarquer qu'aussitôt leur mouvement commencé, la force qui le détermine s'accroît, de sorte qu'ils surmontent aisément une certaine résistance ; il serait souvent utile, à ce point de vue, de laisser un jeu dans la transmission, afin que le début du mouvement ne soit gêné que par les frottements ordinairement minimes du régulateur proprement dit.

Au point de vue du réglage, les régulateurs instables offrent un intérêt spécial, car ils peuvent être rendus stables, et voisins de l'isochronisme plus facilement que les régulateurs stables eux-mêmes. Ce résultat s'obtient en faisant agir un ressort directement sur le manchon. Dans ce cas en effet, l'effort augmente quand son point d'application se déplace en sens contraire de sa direction, ainsi qu'il arrive toujours pour les ressorts : nous allons voir que dans de telles conditions la stabilité est nécessairement augmentée, de sorte que les régulateurs stables s'éloignent de l'isochronisme, tandis que les régulateurs instables s'en rapprochent et peuvent devenir stables. Il serait facile de le vérifier sur le diagramme, mais nous préférons le montrer par un mode de raisonnement plus simple et plus général, et souvent utile quand on cherche l'effet d'un organe sur la stabilité d'un mécanisme. Supposons que l'appareil étant en équilibre on déplace le manchon : celui-ci tend à revenir à sa place avec un certain effort de rappel *f* si l'équilibre est stable, ou il tend à s'en éloigner avec un effort — *f* si l'équilibre est instable. Cet effort *f* ou — *f* peut être regardé comme la somme des efforts de rappel,

(1) Il nous semble que dans les turbines à vapeur à admission totale, ce procédé pourrait être souvent substitué à l'étranglement de la vapeur ; il en résulterait un accroissement certain du rendement.

positifs ou négatifs, dus aux différentes parties du système ; pour prouver ce que nous avons dit, il suffit de montrer que celui qui vient du ressort est positif, ou, ce qui revient au même, que la force exercée par le ressort croît quand le manchon se déplace en sens contraire de sa direction : or cela est évident si le ressort est directement attaché.

Fig 17.



Certains régulateurs ne sont instables que partiellement : tels sont ceux dont les diagrammes sont donnés en V, VI, VII, VIII, figure 17. Ayant déjà vu avec détails comment le mouvement du manchon se lit sur un diagramme, nous nous contentons main-

tenant d'ajouter une représentation plus directe de ce mouvement, en portant au-dessus du diagramme et avec les mêmes abscisses (ω^2), la hauteur de soulèvement du manchon. Le trait plein correspond à la montée du manchon et à l'accroissement de la vitesse, le trait pointillé à la descente du manchon et à la diminution de la vitesse. Nous avons joint aux régulateurs partiellement instables, pour permettre la comparaison, les régulateurs stables (I), isochrones (II et III) et instables (IV) : pour tous ceux-ci on retrouve ce que nous avons dit précédemment.

Quand un régulateur calculé pour être sensiblement isochrone est insuffisamment étudié ou imparfaitement construit, il est en général partiellement instable. La figure 17 montre alors ce qu'on peut faire pour y remédier. Supposons, par exemple, que lorsque la vitesse croît avec lenteur le manchon monte brusquement à partir de sa position médiane, et qu'il redescende d'un seul coup pendant le ralentissement : on se trouve dans le cas du diagramme V : il faudra donc transformer la courbe C pour l'amener suivant la courbe pointillée. On pourra dans ce but ajouter un contrepoids ou un ressort qui tire le manchon de haut en bas à partir de sa position médiane, ou agir d'une manière convenable sur l'organe de réglage.

Si le mouvement du manchon était plus complexe que ceux figurés, c'est que la courbe C présenterait une inflexion ; l'étude de ce cas ne présente aucune difficulté nouvelle. Pour de telles vérifications, il faut évidemment réduire le frottement autant que possible en isolant le régulateur proprement dit des leviers de transmission.

Procédés de réglage.

La méthode de réglage la plus naturelle est la suivante. Disposer l'effort ajouté au manchon de manière à réaliser la vitesse voulue de fonctionnement, avec un isochronisme aussi grand que possible et en évitant l'instabilité partielle; le diagramme donne directement la loi de cet effort. Diminuer ensuite l'isochronisme jusqu'à ce qu'on juge que les mouvements du manchon ne sont plus trop brusques ni trop fréquemment répétés; la limite à adopter dépend des cas, et c'est en réalité une affaire d'appréciation. Pour réduire les à-coups, on peut modifier l'effort additionnel de manière à éloigner la courbe C de la verticale,

ou bien faire agir une cataracte (1) : l'emploi de cet organe nous paraît s'imposer quand la durée d'oscillation propre du régulateur est voisine de la période du moteur ou en est un multiple ou un sous-multiple, ce qu'indiquent, soit une mesure directe, soit la périodicité des grandes oscillations du régulateur. Si la commande est indirecte, il y a avantage à laisser un grand isochronisme et à faire varier la rapidité d'action du servo-moteur, ce qui est souvent obtenu en changeant les longueurs relatives des bras d'un levier; cette rapidité devra être suffisante pour éviter, aux grandes variations de travail du moteur, des écarts de vitesses sortant des limites tolérées.

Le nombre des dispositifs propres à développer l'effort additionnel est théoriquement illimité ; nous nous bornerons à dire quelques mots des plus simples. On peut d'une manière générale le diviser en deux catégories, suivant qu'ils servent simplement à régler l'isochronisme et la stabilité, ou bien qu'ils permettent de changer aussi la vitesse de régime. Considérons d'abord le premier cas, et voyons, en même temps que les dispositifs, une méthode simple de réglage. Pour nous placer au point de vue le plus pratique, supposons qu'on ne veuille pas déterminer le diagramme du régulateur, qu'on ne connaisse même pas la construction de cet appareil, et qu'en outre on n'ait ni tachymètre, ni moteur ou transmission à vitesse bien constante.

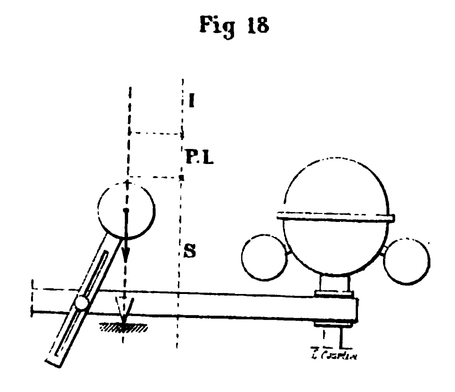
Il faut d'abord remplacer les indications précises que fournirait le diagramme par un réglage préliminaire, effectué en soumettant le régulateur à des vitesses croissant ou décroissant très lentement : pour cela, il peut être nécessaire de le mettre en mouvement par l'intermédiaire d'une masse d'assez grande inertie. Nous appellerons levier de transmission le levier qui transmet au dehors du régulateur proprement dit le mouvement du manchon, et nous admettrons pour fixer les idées que ce levier est horizontal quand le manchon occupe sa position moyenne, et que son axe est horizontal également. En disposant un contrepoids (2) sur ce levier perpendiculairement à sa direction et à

(1) M. Marié a montré que dans certains cas une cataracte ne peut suffire à réduire convenablement l'isochronisme (*Régulateurs, organes de réglage et volants des machines*).

(2) Dans ce qui suit nous ne parlerons que de contrepoids : dans la pratique il serait évidemment avantageux de les remplacer par des ressorts, pour ne pas diminuer la promptitude d'action. — Notons que si l'on emploie des contrepoids, il vaut mieux les prendre lourds quitte à les rapprocher de leur axe d'oscillation, car pour un même effet produit la promptitude se trouve ainsi moins réduite : on le voit facilement en considérant l'expression du coefficient S (page 321).

celle de son axe (*fig. 18*), on ne change pas la vitesse de fonctionnement pour la position moyenne du manchon, puisque ce contrepoids est alors sans action. Mais la stabilité est modifiée : si le contrepoids, placé d'abord assez haut au-dessus de l'axe, était descendu peu à peu jusqu'à une certaine distance au-dessous, l'équilibre serait instable (I), puis partiellement instable (PI). puis stable (S); la région PI correspondant à l'équilibre partiellement instable serait tout entière au-dessus de l'axe si le régulateur était primitivement stable, et au-dessous s'il était instable. Cette remarque indique la marche du réglage : dans le cas par exemple d'un régulateur stable, on fixe le contrepoids au-dessus de l'axe et on l'écarte de cet axe jusqu'à ce que l'équilibre devienne partiellement instable (1), ce dont on s'aperçoit aux mouvements du manchon, comme nous l'avons vu plus haut. Cet écartement maintenu, le régulateur est aussi voisin que possible de l'isochronisme parfait, étant donné qu'on ne veut pas d'instabilité partielle et que l'effort additionnel dépend d'un seul paramètre. On lui donnera alors la conduite du moteur, et on réduira l'isochronisme en rapprochant le contrepoids de l'axe du levier, ou en ajoutant une cataracte ainsi que nous le disions tout à l'heure.

Fig 18

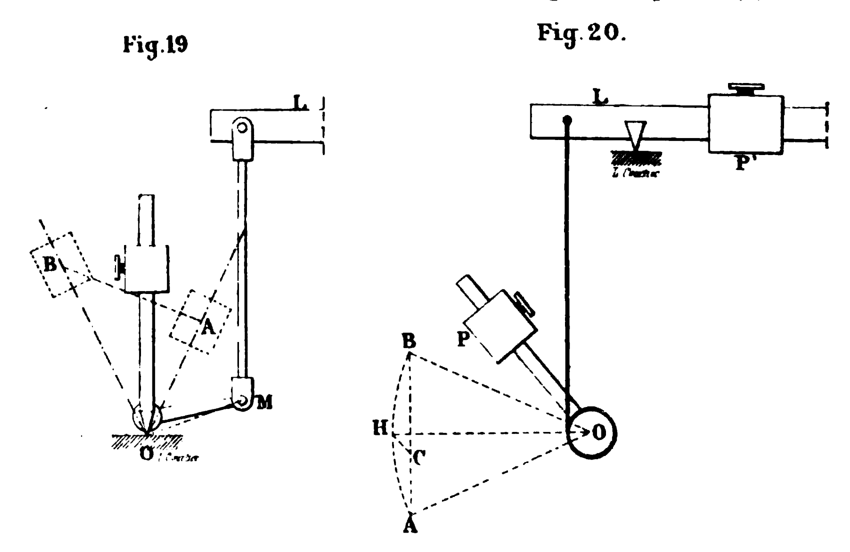


Ce réglage une fois effectué, il peut arriver que la vitesse du moteur ne soit pas assez régulière. C'est qu'alors l'effort additionnel devrait dépendre de plus d'un paramètre. Si l'on veut conserver un contrepoids, il faut le fixer sur un levier ayant des déplacements angulaires notables, obtenus en multipliant le mouvement, ordinairement de faible amplitude, du levier de transmission. Le réglage préliminaire peut se faire de la manière suivante. On limitera provisoirement la course du levier de transmission de façon qu'il se déplace entre sa position inférieure, par exemple, et sa position moyenne, et on cherchera, par une méthode analogue à celle que nous venons de voir, la meil-

(1) Ou que l'isochronisme parfait se trouve réalisé, mais c'est évidemment l'exception.

leure position du contrepoids (celui-ci n'exerçant encore pas d'effort pour la position moyenne du levier). On fera de même pour la seconde moitié de la course. On connaîtra ainsi les deux efforts additionnels qui devront s'exercer aux extrémités de la course, et on disposera l'organe de réglage de manière à réaliser ces efforts.

Prenons par exemple le dispositif de la figure 19; dans la position représentée le contrepoids est sans action, c'est-à-dire que le levier de transmission L est censé occuper sa position moyenne. Le levier OM étant d'abord rendu horizontal, et les deux réglages successifs étant faits, on trouve que le contrepoids doit occuper, aux extrémités de sa course, certaines positions A et B. Le bras de levier OM devra faire avec la verticale le même angle que AB, mais en sens contraire; quant à la distance définitive du contrepoids à l'axe, elle est égale à OB réduit dans le rapport des distances de O à AB et à l'horizontale passant par B (1).



Le contrepoids mobile du second dispositif, représenté figure 20, est équilibré dans sa position moyenne P, par un second P' placé sur le levier de transmission. On peut déterminer de cette façon la direction OP : l'essai préliminaire, effectué en rendant le levier OP horizontal pour la position moyenne du manchon et en partageant la course, donne deux distances *a* et *b* du contre-

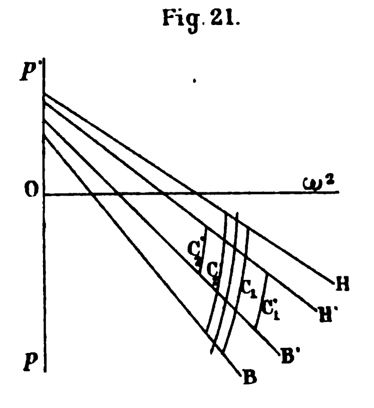
(1) Cette solution n'est pas rigoureuse, mais elle suffirait généralement et pourrait en tout cas servir de première approximation et permettre d'éviter le calcul, qui d'ailleurs n'a pas de difficulté.

poids à l'axe; joignons les extrémités A et B de l'arc décrit par le levier, et prenons, sur AB, C tel que $\frac{AC}{BC} = \frac{b}{a}$: HC est la direction à donner à OP.

Les deux dispositifs précédents sont d'une réalisation relativement compliquée. Si l'on peut s'arranger pour rendre définitive la réduction qu'on avait donnée à la course du manchon pour déterminer l'effort additionnel, il suffira évidemment d'un seul paramètre, c'est-à-dire d'un simple contrepoids fixé au levier de transmission.

D'ailleurs, quand la limitation de la course du manchon est facile, elle permet à elle seule un réglage assez complet : c'est un procédé auquel nous avons fait allusion au début. Cela revient à ne conserver qu'une partie de la courbe C du diagramme. On peut ainsi modifier l'isochronisme d'un régulateur stable et dans une certaine mesure son nombre de tours, écarter ou rapprocher les vitesses de fonctionnement d'un régulateur instable, rendre stable, ou instable, ou sensiblement isochrone, un régulateur partiellement instable. Ce procédé s'applique assez mal au cas où les frottements extérieurs au régulateur proprement dit sont importants. Supposons, en effet, qu'on veuille réduire de moitié la course du manchon et remplacer B et H par B' et H' (*fig. 21*) : les frottements, ramenés au manchon, des organes dont la course n'est pas réduite, sont doublés; C_1 et C_2 sont donc remplacés par C_1' et C_2', et la figure montre que l'isochronisme est finalement diminué.

Fig. 21.



Passons au cas plus général où la vitesse de régime n'est pas invariable. Un contrepoids fixé le long du levier de transmission, et exerçant par suite un effort constant sur le manchon, permet de changer à volonté la vitesse moyenne : nous avons vu page 316, l'effort qu'il produit. Pour de grandes variations, ce poids peut devenir important et donner une réduction exagérée de la rapidité d'action; aussi est-il avantageux de le remplacer par un ressort.

Le procédé simple de réglage dont nous avons parlé tout à l'heure n'offre, dans ce cas, pas plus de difficultés. Il suffit de prendre successivement différentes positions du contrepoids ou du ressort, c'est-à-dire différentes vitesses. Quant aux dispositifs, il y a intérêt à maintenir séparés l'organe qui agit sur la vitesse et celui qui agit sur l'isochronisme et la stabilité : de cette manière, on n'est pas exposé, une fois la vitesse obtenue, à la changer en voulant régler l'isochronisme. Il n'en est pas ainsi si l'on a déterminé à l'avance l'effet du contrepoids d'après la formule d'équilibre du régulateur : nous renverrons pour cette étude à un travail de M. Léauté (*Journal de l'École Polytechnique*, 1880) et à la remarquable communication que M. Compère a faite à la Société en janvier 1893.

Si la vitesse de fonctionnement doit être susceptible de larges variations et qu'on veuille conserver un grand isochronisme, il arrivera en général, à cause de la divergence des droites caractéristiques, que le dispositif servant à régler l'isochronisme ne pourra dépendre d'un seul paramètre : à moins toutefois que le régulateur n'ait été spécialement étudié pour ce cas. Nous allons voir comment quelques types d'appareils se comportent à ce point de vue; les remarques que nous ferons se déduisent immédiatement de leurs diagrammes, auxquels il suffira de se reporter (pages 314 et 315). Ensuite, nous chercherons à déterminer un régulateur réunissant les meilleures conditions pour le réglage.

Dans les régulateurs Watt et Porter, les coefficients angulaires des droites caractéristiques varient proportionnellement au soulèvement du manchon : si donc le levier de transmission a un faible déplacement angulaire, un contrepoids fixé au-dessus de son axe donne sur le manchon un effort qui décroît, à très peu près, proportionnellement à ce soulèvement, et pour une position convenable réalise l'isochronisme parfait. Ce contrepoids doit être écarté de l'axe en même temps que le contrepoids mobile le long du levier et servant à changer la vitesse; il est bon d'ailleurs, comme nous l'avons dit tout à l'heure, que ces deux contrepoids soient indépendants. — Ainsi, ces régulateurs se prêtent fort bien au réglage, si toutefois on ne recherche pas une grande rapidité d'action. Sinon, on pourrait substituer des ressorts aux contrepoids, surtout à celui qui se déplace le long du levier; pour l'autre, il y a quelques difficultés pratiques sur lesquelles il est inutile d'insister.

Les droites des régulateurs parabolique et Rankine sont con-

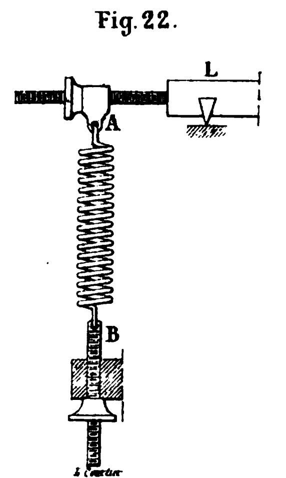
fondues, de sorte qu'un contrepoids agissant directement sur le manchon, change les vitesses de fonctionnement en conservant l'isochronisme parfait. Un autre contrepoids disposé au-dessous de l'axe, ou bien un ressort agissant sur le levier quand il commence à se déplacer, diminuent selon les besoins cet isochronisme. — Le régulateur Andrade présente peu de différence avec les précédents, mais ne peut donner l'isochronisme théorique.

Le régulateur Buss, dont les droites divergent suivant une loi complexe à partir d'un point, se prête mal à des variations de la vitesse au moyen d'un effort additionnel. Il n'en serait pas ainsi si on le plaçait horizontalement, de manière à équilibrer le poids des boules, et si on remplaçait le contrepoids par un ressort : on aurait ainsi un type d'appareil auquel nous allons être amené.

Nous arrivons à la recherche d'un régulateur permettant un réglage aussi simple et aussi parfait que possible.

En premier lieu, l'effort additionnel sera obtenu par un ressort, de manière à ne point réduire la rapidité d'action. Ce ressort AB (*fig.* 22) agira normalement au levier de transmission L, parce qu'on a ainsi plus de commodité dans l'installation et des frottements moindres à l'arbre du levier (1); du reste, étant donné que ce levier aura comme à l'ordinaire des déplacements de faible amplitude, on ne disposerait pas de plus de paramètres avec un ressort oblique. Ces paramètres sont au nombre de deux et correspondent aux positions A et B des extrémités, dont l'une se déplace normalement au levier et l'autre suivant son axe. On peut donc changer à volonté l'effort exercé sur le manchon, ainsi que la variation de cet effort dans l'intervalle de la course, c'est-à-dire sa flexibilité ; cette flexibilité sera d'ailleurs bien constante pour une position donnée de A et B, à cause du faible déplacement du levier.

Fig. 22.

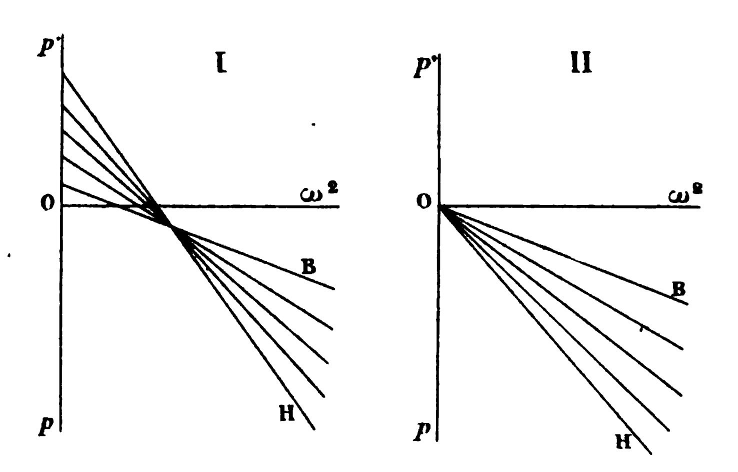


Il faut pouvoir réaliser l'isochronisme pour toute vitesse : en

(1) Il va sans dire que cet arbre doit être, à moins d'impossibilité, et dans tous les cas, remplacé par un couteau.

coupant donc les droites caractéristiques par les courbes C qui donnent l'isochronisme, c'est-à-dire par une série de verticales, on doit retrouver la loi d'efforts que nous venons d'indiquer. La condition nécessaire et suffisante est que les droites correspondant à une série de positions équidistantés du manchon, rencontrent les verticales en des points également équidistants. Autrement dit, les caractéristiques ne peuvent être que des droites concourantes et dont les coefficients angulaires varient proportionnellement au déplacement du manchon. C'est ce que nous avons trouvé pour les régulateurs Watt et Porter, mais dans le cas actuel la variation du coefficient angulaire est de sens contraire : B est au-dessus de H puisque l'isochronisme est obtenu par un ressort qu'on peut considérer comme agissant directement sur le manchon (voir page 328).

Fig. 23.



Il faut encore que l'instabilité partielle soit évitée quand on s'écartera de l'isochronisme. Il en sera toujours ainsi : la courbe C ne peut avoir de tangente verticale, car si l'élément de courbe compris entre deux droites voisines était vertical, l'élément voisin serait aussi vertical à cause de la constance de la flexibilité et de la distribution régulière des droites; la courbe entière serait donc verticale et ce serait le cas de l'isochronisme.

Ainsi, le diagramme sera tel que le diagramme I de la figure 23.

La position du point de concours des droites est en réalité indifférente. En effet, pour passer du diagramme II au dia-

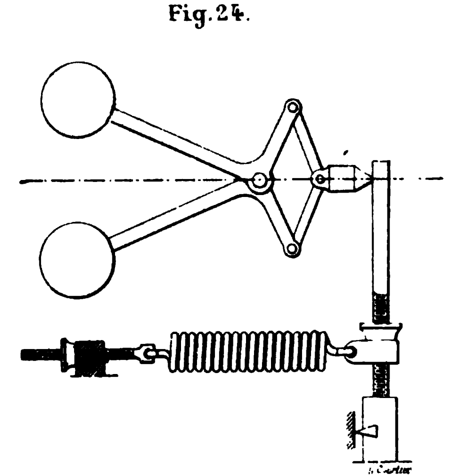
gramme I, il faudrait modifier le régulateur de telle manière, que les efforts nécessaires pour soulever le manchon quand l'appareil ne tourne pas, au lieu d'être nuls, soient les ordonnées initiales de I : or, ces ordonnées représentent la résistance d'un ressort, et peuvent par suite être déterminées en agissant sur le ressort de réglage. (Cette remarque permet d'adopter pour le cas actuel une construction spéciale, qui évite le tracé des courbes C : admettons que le régulateur soit primitivement représenté par II : à chaque position du ressort de réglage correspond un diagramme I ou, simplement, une *nouvelle position des axes* dans le diagramme II. On voit ainsi, immédiatement, les lois du mouvement du manchon dans chaque cas particulier, c'est-à-dire pour chaque position du ressort de réglage; on vérifie notamment que l'instabilité partielle n'est jamais réalisée, comme nous l'avons trouvé tout à l'heure d'une autre manière.)

Voyons ce qu'indiquent ces diagrammes. Les coefficients angulaires varient proportionnellement au soulèvement h du manchon : on a donc, d'après la valeur de ces coefficients (calculée page 314), et k désignant une constante arbitraire de proportionnalité :

$$kh^2 = (\Sigma mr^2 + C^{te}).$$

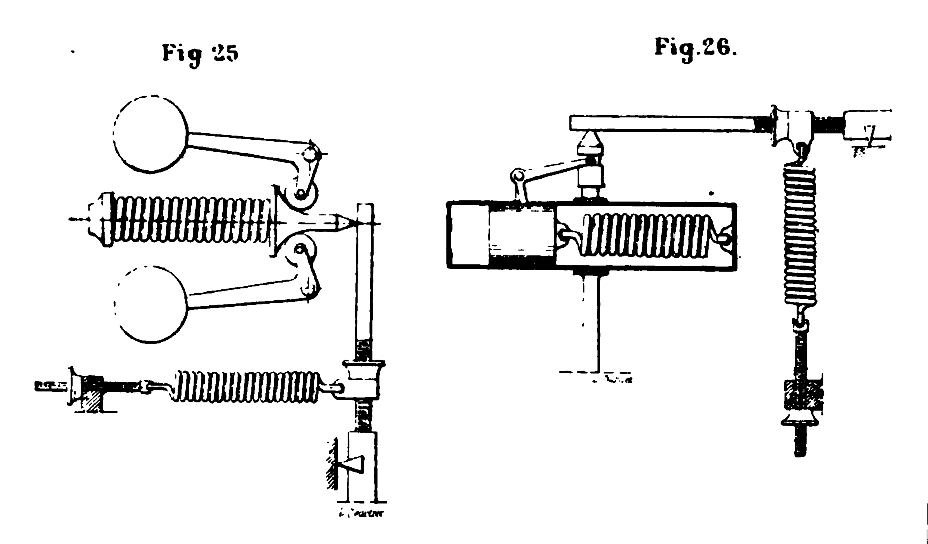
Si, en particulier, les distances entre l'axe de rotation et les divers points du régulateur restent dans le même rapport (et si les masses se réduisent à deux boules), il suffit que le déplacement du manchon soit proportionnel à ces distances. — Nous venons de voir, d'autre part, que les efforts pour déplacer le manchon quand le régulateur ne tourne pas sont nuls (c'est-à-dire que le poids des boules est équilibré) ou sont égaux à la résistance d'un ressort.

Fig. 24.



Quant aux dispositions cinématiques réalisant ces conditions, signalons d'abord celle de la figure 24, qui est parfois employée. Au lieu d'un pendule à

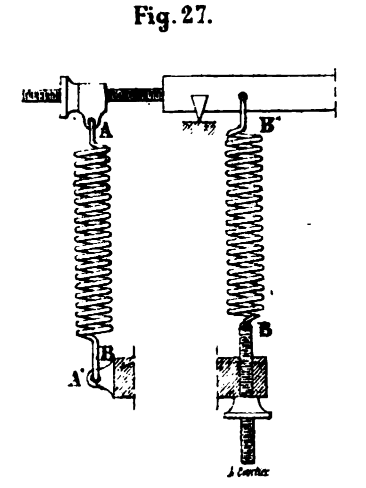
boules on pourrait y utiliser les masses du régulateur Buss. — Les leviers à roulettes du régulateur (*fig. 25*) se déplacent sur une courbe facile à déterminer d'après la formule donnée tout à l'heure. Dans cet appareil, un ressort compris dans le régulateur proprement dit permet de réduire l'effort du ressort de réglage, et par suite le frottement entre le levier de transmission et le manchon, surtout quand celui-ci n'est pas remplacé par une pointe. Il en est de même de l'appareil représenté schématiquement par la figure 26; ici la masse soumise à l'action de la force centrifuge se déplace normalement à l'axe, ce qui donne le maximum de rapidité d'action.


Fig 25 Fig.26.

Revenons au ressort de réglage, au sujet duquel certaines remarques sont nécessaires. Il est d'abord évident que, puisqu'on peut à volonté changer l'effort ainsi que sa variation pendant la course du levier, les constantes du ressort n'ont pas besoin d'être exactement déterminées à l'avance; il suffit qu'elles soient comprises entre certaines limites, faciles à trouver, de même que celles des points d'application des extrémités A et B (*fig. 22*). En second lieu, on pourrait sans difficulté trouver le rapport des déplacements à donner à A et B pour modifier isolément, soit le nombre de tours, soit l'isochronisme : car, ainsi que nous l'avons remarqué plus haut, ces deux réglages doivent être bien distincts. Mais procéder ainsi serait gênant et compliqué, et il est bien préférable de remplacer le ressort unique par deux ressorts AA' et BB' (*fig. 27*) : si le premier est

disposé pour n'exercer aucun effet quand le levier occupe sa position inférieure, il servira à régler, par la variation de A, le seul isochronisme, tandis que le déplacement de B modifiera la vitesse de régime. Notons enfin que les petites imperfections de la construction et les effets dont on n'a pas tenu compte doivent être compensés dans un réglage préliminaire, effectué comme nous l'avons vu plus haut : un contrepoids, fixé une fois pour toutes sur le levier de transmission, serait en général bien suffisant.

Fig. 27.



Ainsi se trouveront réalisées les deux conditions qui sont à rechercher dans tout réglage : d'une part, l'appareil sera établi de manière que le nombre des organes de réglage soit réduit au minimum, c'est-à-dire soit égal au nombre des constantes dont la valeur ne peut être fixée *a priori* (isochronisme), ou devra être modifié suivant le besoin (nombre de tours). D'autre part, la valeur de chacune de ces constantes se déterminera isolément et sans influencer, ni les valeurs précédemment établies, ni les autres qualités de l'appareil. Si ces conditions sont remplies, le réglage est simple, rapide et sûr; il est pénible, long, et incertain, si elles font défaut.

NOTE I.

Sur un procédé de mesure des vitesses de rotation.

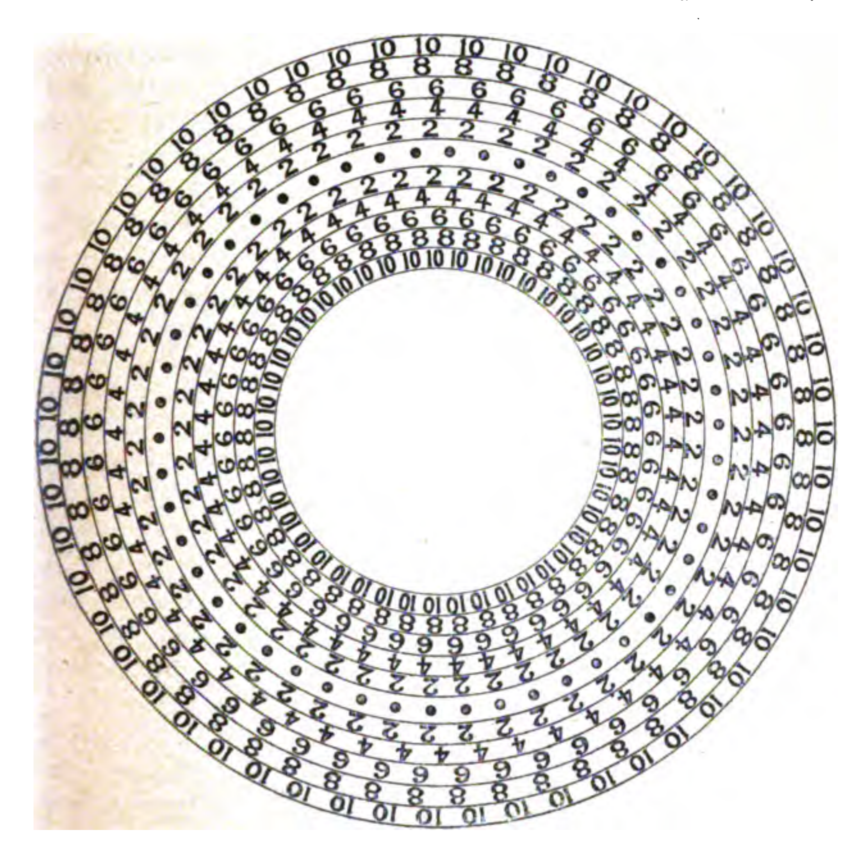
Pour essayer un régulateur ou pour établir son diagramme, il est nécessaire de mesurer avec exactitude sa vitesse de rotation. Ce qui importe le plus, et ce qui offre aussi la plus grande difficulté, c'est d'avoir, non la moyenne des vitesses par minute, pour laquelle une montre à secondes est souvent suffisante, mais la variation même de ces vitesses. M. Lecornu, dans son ouvrage sur les régulateurs, cite quelques dispositions employées. Nous voulons dire deux mots d'un autre procédé, bien que nous ne supposions pas, à cause de sa grande simplicité, qu'il puisse être nouveau : c'est en effet l'application presque directe d'un jouet fort connu et extrêmement ingénieux, le « phénakisticope » de Plateau. Nous décrirons l'appareil que nous avons établi.

Deux disques parallèles tournent indépendamment autour de leur axe commun. L'un, mû par le moteur, est percé de vingt-cinq fentes radiales équidistantes; l'autre, que l'on regarde à travers les fentes du premier, et qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner à raison d'un tour ou deux par seconde, porte une série de onze cercles concentriques à l'axe. Le nombre 10 est inscrit quarante-cinq fois à d'égales distances sur le premier de ces cercles, du côté du centre, et cinquante-cinq fois sur le dernier; le nombre 8, quarante-quatre fois sur le second et cinquante-quatre sur l'avant dernier, etc.; de gros points sont marqués cinquante fois sur le cercle moyen.

On installe la transmission du mouvement du moteur au premier disque, de manière que les deux disques tournent à la même vitesse quand le moteur a sa vitesse normale (ou bien on s'arrange pour s'écarter peu de cette condition, quitte à tenir compte de la différence). Si alors le moteur a la vitesse normale, on voit les gros points immobiles, et les chiffres paraissent se mouvoir plus ou moins vite, les uns dans un sens, les autres en sens contraire. S'il n'en est pas ainsi, et que la vitesse du moteur soit trop forte, par exemple de 4 %, ce sont les chiffres 4, inscrits au-dessus des points, qui seront vus immobiles. Si l'excès arrive à 5 %, les chiffres 4 se déplaceront en sens contraire des chiffres 5 et avec une égale vitesse. On distingue facilement les variations de 1/2, 1 1/2, 2 1/2... 9 1/2 %, à condition de placer

devant le second disque une petite tige qui permet d'estimer, à peu près, le rapport des vitesses des deux chiffres voisins qui marchent en sens inverse.

Ce procédé, qui ne peut être influencé par le frottement ni par l'inertie, donne des renseignements assez précis, mais surtout très exacts, à condition de tarer le mouvement d'horlogerie par une montre à secondes, aussitôt avant l'expérience (ou,

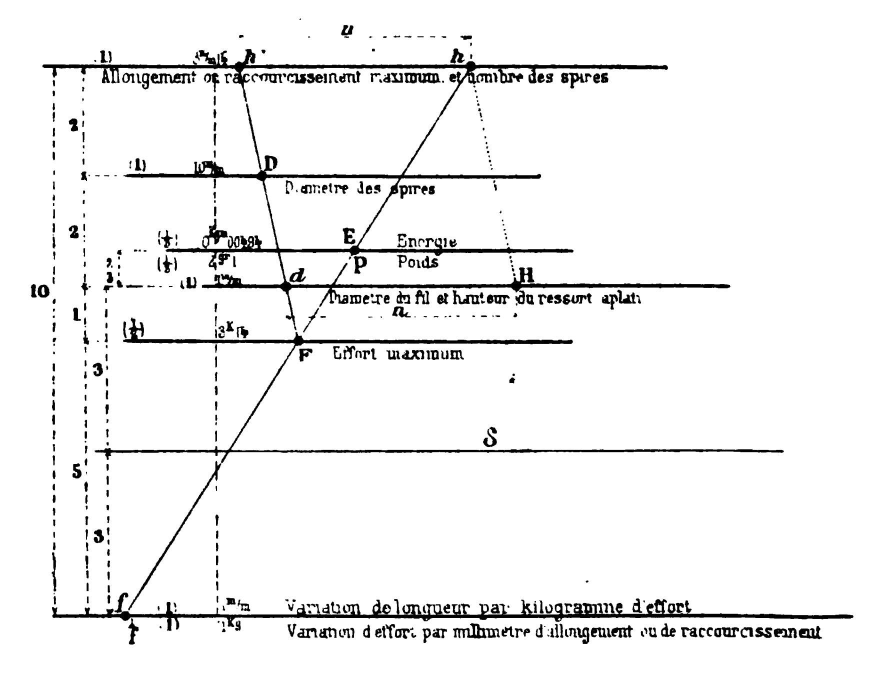


mieux encore, avant et après). Si la vitesse éprouvait des variations sensibles pendant la période du moteur, il ne pourrait être employé qu'en transmettant le mouvement du moteur par une courroie un peu lâche et en donnant au premier disque un certain poids; il indiquerait alors la vitesse moyenne.

Note II.

Sur le calcul des ressorts en hélice.

La facilité d'installation des ressorts en hélice, leur flexibilité très régulière, la grande énergie qu'ils possèdent sous un faible volume, indiquent leur emploi dans les régulateurs et dans les dispositifs de réglage, comme d'ailleurs dans un grand nombre de mécanismes. Le choix de ces ressorts est souvent embarrassant, parce que le nombre des conditions qu'on s'impose est d'ordinaire inférieur à trois, et qu'alors le ressort n'est pas déterminé. Il nous semble utile de donner un abaque qui permette

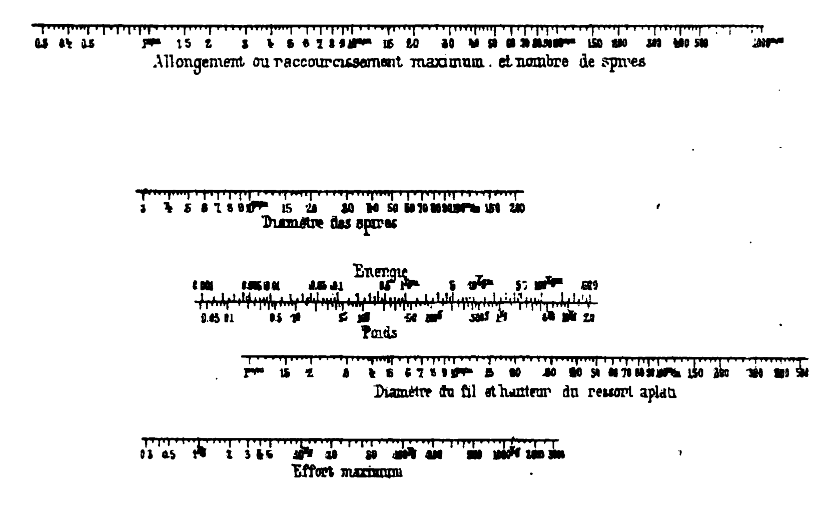


de voir, avec la plus grande rapidité, les constantes de tous les ressorts répondant à ces conditions données.

Ces constantes sont : le diamètre du fil et le diamètre de la spire, le nombre de spires, la hauteur totale, l'allongement (ou le raccourcissement) maximum, l'effort maximum, la flexibilité, l'énergie et le poids. Nous avons aussi considéré l'inverse de la flexibilité, c'est-à-dire le poids en kilogr. qui allonge le ressort d'un millimètre.

Nous avons pris 8 000 pour coefficient d'élasticité de torsion de

l'acier et 80 kilogr. pour résistance au cisaillement; cette dernière valeur est quelquefois dépassée par les constructeurs. Les formules des ressorts en hélice, données par les aide-mémoire, ne sont pas rigoureuses, mais suffisamment approchées; comme ces formules sont monômes, il suffit de prendre les logarithmes pour les rendre linéaires et pouvoir tracer un abaque à échelles parallèles (1).



Variation de longueur par Kilog. d'effort

Variation d'effort par millimètre d'allongement ou de raccourcissement

Des deux figures ci-dessus, la première donne l'abaque, et la seconde indique sa construction. Les cotes verticales sont entre elles comme les distances des échelles. Celles-ci sont géométriquement semblables entre elles et proportionnelles ou égales aux divi-

(1) Consulter, au sujet de ce genre d'abaques, le *Traité de Nomographie* de M. d'Ocagne, ouvrage justement connu et répandu, et l'importante Communication de M. Soreau publiée dans le Bulletin d'août 1901.

sions d'une règle à calcul : les rapports de proportion sont les chiffres entre parenthèses. Il est commode de reporter directement les divisions de la règle à calcul : les échelles donnant l'énergie et le poids, qui d'ailleurs sont les moins utiles et peuvent souvent être supprimées, sont alors les seules qui ne se tracent pas très rapidement, puisqu'elles exigent une réduction. On achève de déterminer les échelles en plaçant en ligne droite les nombres marqués près de l'horizontale figurée ; enfin, dans chaque échelle, les nombres croissent dans le même sens, excepté pour la flexibilité.

Un ressort est représenté par deux droites qui concourent au point F donnant l'effort maximum. L'une rencontre les points *d* et D qui donnent les diamètres du fil et de la spire, et le point *h'* correspondant à l'allongement maximum de chaque spire. La distance *h'h* mesurée avec l'échelle 1 (avec la règle à calcul) est le nombre des spires, et le chiffre marqué en *h* est l'allongement maximum du ressort. La seconde droite *h*F donne l'énergie E du ressort, son poids P, la flexibilité *f* et l'inverse $\frac{1}{f}$ de la flexibilité. Enfin la distance *d*H égale à *h'h*, c'est-à-dire mesurée par le nombre de spires, donne la hauteur minimum du ressort. En traduisant algébriquement cette construction, on retombe en effet sur les formules des ressorts.

Soit, par exemple, un ressort construit : on a D*d* et *h'h*, d'où le tracé des deux droites et les propriétés du ressort. Si on veut choisir un ressort pour lequel l'effort maximum F et la flexibilité sont fixés, la droite F*h* est indéterminée : en déplaçant un fil de manière qu'il passe constamment par F, on *voit*, pour ainsi dire, tous les ressorts satisfaisant aux données.

Les autres cas se résolvent aussi simplement. Le seul qui nécessite une construction géométrique est le suivant : on se donne le diamètre de la spire, la hauteur minimum du ressort et la flexibilité, c'est-à-dire les points D, H, *f*. Or cette construction est la plus simple possible : elle se réduit à prendre le point de rencontre de H*f* avec la droite δ, tracée à égale distance des échelles de H et de *f* : la droite DF passe en effet toujours par ce point.

(1) Le plus commode, pour rechercher un ressort, est de recouvrir l'abaque d'un papier transparent sur lequel on trace les droites transversales.

TABLE DES MATIÈRES

FONDATIONS ISOLANTES ANTHONI-PRACHE
CONTRE BRUITS ET TRÉPIDATIONS

PAR

M. P. PRACHE

SOMMAIRE

Dans une conférence faite à la Société, M. Anthoni a exposé les moyens pratiques qu'il a mis en œuvre pour obtenir l'isolement contre les trépidations et les bruits.

Depuis que j'ai repris la suite de ses travaux, je me suis appliqué, avec l'aide de son expérience, à perfectionner ses moyens pratiques et à rechercher l'explication théorique du succès de ses fondations isolantes. C'est le résultat de ces études que je vais exposer.

I. — Vibrations transmises par le sol et par l'air. Leurs inconvénients.

Diverses sortes de vibrations. — Les vibrations des machines produisent des trépidations et des bruits :

1° Les *trépidations* sont des vibrations perceptibles par le sens du toucher. Elles sont gênantes par les mouvements qu'elles communiquent au sol et à tous les objets : sans être toujours sonores par elles-mêmes, elles occasionnent quelquefois des bruits en faisant vibrer les portes, les fenêtres, les objets mal calés, comme la vaisselle, etc. Elles sont toujours nuisibles et peuvent être dangereuses pour les constructions qu'elles parviennent parfois à lézarder et à désagréger. Leurs inconvénients sont, en général, plus appréciables aux étages supérieurs.

Il existe une autre sorte de vibrations qu'on pourrait appeler

trépidations aériennes parce qu'elles ne sont pas perceptibles directement par l'oreille ; on peut les constater, par exemple, auprès des moteurs à gaz. Elles consistent en une suite de compressions et de raréfactions de l'atmosphère qui font battre les portes, les fenêtres, les cloisons, les toitures et peuvent ainsi causer des trépidations et des bruits. On ne peut éviter ces inconvénients qu'en supprimant leur cause, par des moyens appropriés.

J'ai aussi constaté, au premier étage d'un garage, qu'une trompe d'automobile faisait vibrer le plancher.

2° Les *bruits* sont une succession de vibrations sonores irrégulières. La régularité des vibrations engendre des sons.

Diverses sortes de bruits. — M. Anthoni les a divisés en deux classes : les bruits *directs*, transmis par l'air directement, et les bruits *indirects*, produits par la transmission des vibrations dans le sol et dans les murs.

Les armes à feu, la plupart des instruments de musique, le martelage de la tôle, les sonneries, etc., produisent des sons ou des bruits directs. Au contraire, le fonctionnement d'une machine, entendu d'un appartement voisin à travers un gros mur, est un bruit indirect.

Les bruits directs sont rarement assez intenses pour pouvoir communiquer leurs vibrations aux murailles. Au contraire, les bruits indirects traversent les murs et pénètrent chez les voisins qu'ils peuvent troubler dans la jouissance paisible de leurs appartements; ces bruits n'ont pas seulement pour origine le fonctionnement des machines, moteurs, marteaux divers, ils peuvent provenir du voisinage d'un escalier, d'une écurie, etc.

Leur distinction. — La distinction des bruits directs ou indirects est généralement facile à faire d'après leur origine. Dans le cas d'une écurie, par exemple, les coups de fouet, les éclats de voix, sont des bruits directs, tandis que les pas et les coups de pieds des chevaux, le grincement des chaînes d'attache sont des bruits indirects. Voici un autre exemple : une sonnerie d'appartement ou de pendule entendue d'un étage à l'autre est comparable au bruit d'une crécelle ; le son argentin, bruit direct, a disparu, ne pouvant traverser les plafonds ; mais le bruit indirect, résultant du choc du marteau sur le timbre, se transmet par les murs et peut être perçu dans le silence de la nuit : ce n'est pas l'oreille, mais bien l'observation du nombre et de la

régularité des coups frappés qui permet de découvrir l'origine du bruit entendu.

Analyse des bruits. — De même que l'analyse mathématique permettrait de décomposer la sinusoïde résultante d'un accord musical, de même l'oreille exercée peut distinguer les notes de cet accord. Mais lorsqu'il s'agit d'un mélange de bruits, le calcul comme l'oreille sont impuissants.

Le choc d'une canne, dans le silence absolu d'une grande salle, d'une station du Métropolitain, par exemple, parait retentir d'une façon intense. Qu'une personne, en marchant, vienne à troubler ce silence, on est étonné de ne plus même entendre la résonance du choc de la canne.

C'est également l'explication de ce fait paradoxal, d'une machine faisant plus de bruit chez le voisin que dans l'atelier. D'un côté le bruit de la machine se détache dans le silence; de l'autre, les bruits de l'atelier en masquent une partie, de même qu'une bougie, à la lumière du jour, paraît n'avoir aucun éclat.

Le seul mode pratique d'analyse des bruits consiste dans la mise en marche successive de chacune des machines supposées gênantes : on peut ainsi apprécier chacune des composantes du bruit total.

II. — Suppression de la transmission des vibrations.

Bruits directs. — On empêche leur perception en interposant des tentures, des garnitures, des cloisons de liège, de feutre, etc. Ces obstacles diminuent l'intensité du bruit direct transmis : avec une machine non isolée, ils seraient sans effet, parce que les vibrations se transmettraient par le sol, sous forme de bruit indirect, au delà de ces obstacles, et les rendraient inutiles.

A moins d'être très intenses, les bruits directs des machines ne sont pas gênants, dans la pratique de l'isolement, parce qu'ils peuvent rarement être perçus à travers les murs. Nous citerons les trois exceptions suivantes : un martinet de 50 kg de masse tombante martelant de l'acier à raison de 200 coups par minute, une machine à fabriquer des confettis, un broyeur-cyclone.

Bruits indirects et trépidations. — Leur transmission doit être supprimée par l'isolement, comme nous le démontrerons.

Qualités de la matière isolante. — Pour isoler une machine, il faut interposer entre celle-ci et le sol, par des appareils appropriés, une matière élastique capable de varier d'épaisseur, puisqu'elle se trouve placée entre la machine qui vibre et le sol qui doit rester immobile. Cette matière doit être si parfaitement élastique qu'elle puisse être comprimée, même plusieurs fois par seconde pendant des années, sans cesser de reprendre à chaque instant ses dimensions primitives, donc, en conservant constantes ses propriétés initiales.

Il faut, de plus, que cette matière soit capable d'une variation d'épaisseur beaucoup plus grande que l'amplitude des vibrations à amortir, pour que son élasticité reste sensiblement constante pendant ses déformations.

Diverses sortes de matières dites isolantes. — Les matières isolantes se divisent en deux groupes :

1° Matières *compressibles* ou à volume variable. Ces matières sont spongieuses, et leur compression ne correspond pas à une augmentation proportionnelle de leur section. Telles sont : le liège, les tapis, le feutre, les poils d'animaux, etc. Elles offrent deux inconvénients : le manque d'homogénéité, puisque ce sont en général des matières naturelles, et l'inconstance des propriétés, parce qu'étant spongieuses, elles travaillent par flexion de leurs particules, et s'affaissent progressivement sous les charges, leur légère élasticité disparaissant peu à peu.

2° Matières *incompressibles* ou à volume constant, quelle que soit la compression. Ce groupe se subdivise en deux catégories :

a) Les matières pratiquement indéformables supposées à tort élastiques, comme le sable fin et l'asphalte. On n'entend pas le roulement d'une voiture sur ces matières parce que, dans ce cas, il n'y pas production de chocs, mais il ne faudrait pas en conclure qu'elles ne transmettent pas les vibrations : elles les transmettent à peu près aussi bien que le sol environnant. Si l'on n'entend pas le roulement d'une voiture sur l'asphalte, les pas des chevaux s'entendent et se transmettent très bien.

b) Les matières facilement déformables et élastiques, dont le type est le *caoutchouc*. C'est cette matière que nous utilisons. Son homogénéité est parfaite et la constance de ses propriétés est telle que nous pouvons citer un isolement de voiture (qualité spéciale de caoutchouc) *encore en parfait état de conservation après* DIX-NEUF *années de service*. Enfin, son élasticité est telle, nous allons

l'établir, qu'elle permet de calculer l'isolement d'une façon certaine, et qu'elle sépare nettement cette substance de toutes les autres dites à tort isolantes. D'ailleurs, nous avons eu l'occasion de remplacer par notre isolement des fondations sur toutes ces matières (et même sur caoutchouc) : le contraire ne s'est jamais produit.

III. — Élasticité du caoutchouc.

La qualité d'un ressort, d'après Duquesnay (*Résistance des matériaux*) peut être évaluée par le rapport $\frac{R^2}{E}$, R étant la résistance à la traction, et E le module (d'élasticité). Les premières lignes du tableau suivant sont tirées de son ouvrage, la dernière correspond à un fil de caoutchouc de 1 mm² de section initiale ayant supporté sans rupture 725 gr.

	R	E	$\frac{1\,000\,R^2}{E}$
Laiton	4,8	6 500	3,54
Fil de laiton	13,0	10 000	16,90
Acier	60,0	30 000	120,00
Caoutchouc.	0,5	0,1	2 500,00

Le caoutchouc essayé est donc environ vingt fois plus élastique que l'acier.

Lois des déformations élastiques.

A. — Faibles déformations.

1° Nous partirons de la formule de résistance des matériaux :

$$F = Es_0\frac{\Delta l}{l_0},$$

dans laquelle F désigne les efforts, E le coefficient d'élasticité s_0 et l_0 la section et la longueur initiales.

Cette formule doit être écrite avec un infiniment petit dans chaque membre, puisqu'elle suppose s et l invariables pendant l'expérience. De plus, nous ferons disparaître les indices de s et de l puisqu'elle doit être applicable à chaque instant quand F varie de zéro à une valeur que nous indiquera l'expérience. Enfin,

nous écrivons E_0 parce que nous supposons ce coefficient constant. Nous avons donc :

$$dF = E_0 s \frac{dl}{l}. \qquad [1]$$

2° Nous admettrons *a priori* la constance du volume. Cette supposition est plausible parce que le caoutchouc est un corps analogue aux liquides au point de vue de l'incompressibilité. On sait que, pour l'eau (continuité des états gazeux et liquide, Van der Waals) la force à vaincre pour changer le volume est de 10000 atm, tandis que la force capable de modifier la surface extérieure n'est que de 8 mg par millimètre carré. Cette seconde force est donc 13 millions de fois moindre que la première. Il est donc admissible que le volume reste constant pendant la déformation, alors que la surface extérieure latérale reste libre. Nous écrirons donc :

$$dV = sdl + lds = 0. \qquad [2]$$

Remplaçons $\frac{sdl}{l}$ dans l'équation [1] par sa valeur tirée de [2].

$$dF = -E_0 ds. \qquad [3]$$

La déformation, d'après cette équation [3], est donc indépendante de la longueur ; c'est là un fait vérifié par l'expérience : on sait en effet qu'un fil de caoutchouc tendu par un poids donné prend une section déterminée quelle que soit sa longueur initiale.

La conclusion de nos calculs étant vérifiée par l'expérience, les prémisses étaient exactes, et en particulier, la constance du volume.

Définition du module (1).

La formule [3] permet de définir le module comme suit : c'est le rapport entre la variation de force et la variation de section perpendiculaire à cette force.

Formule pratique. — Le module est sensiblement constant pour les faibles déformations pratiques (depuis $l = \frac{1}{2} l_0$ jusqu'à $l = 2l_0$)

(1) En France, on emploie à peu près indistinctement les mots : module d'élasticité ou coefficient d'élasticité, pour dénommer une grandeur que les Anglais appellent avec non moins de justesse : coefficient de rigidité ; il me semble qu'on pourrait simplifier (et unifier, comme le propose M. Hospitallier) en l'appelant simplement le module, sans que cela puisse prêter à aucune confusion.

du caoutchouc d'excellente qualité. Nous pouvons donc appliquer la formule [4] obtenue par intégration de la relation [3] :

$$F = E_0 (s_0 - s). \qquad [4]$$

B. — Grandes déformations.

L'indépendance entre les forces déformantes et les longueurs a permis une comparaison entre le phénomène de l'allongement et celui de l'aimantation. (Voir, à ce sujet, la communication de notre collègue, M. René Arnoux, en 1903, à la Société Française de Physique.)

Cette analogie n'est encore que partielle ; en effet, plaçons entre deux lames une goutte d'un liquide supposé infiniment visqueux et dont les molécules auraient une longueur, c'est-à-dire une dimension plus grande que les autres. Si l'on fait agir une force qui écarte les lames, la goutte prendra la forme d'un fil dans lequel les molécules seront orientées parallèlement à la force. Si, au contraire, la force tend à rapprocher les lames, les molécules s'éloignent de l'axe en se répandant entre les deux lames, orientées perpendiculairement à la force. L'analogie entre l'aimantation et l'allongement n'existe que dans l'orientation parallèle à la force : l'aimantation de signe contraire ferait tourner les molécules de 180 degrés tandis que dans l'allongement, elles tournent seulement de 90 degrés.

On sait depuis longtemps que la courbe d'allongement du caoutchouc présente un point d'inflexion. Si l'on admet la constance du volume qui semble caractériser les déformations élastiques, si l'on porte en ordonnées les sections au lieu de porter les allongements, si, de plus, on se met à l'abri (1) des phénomènes secondaires (influence du temps, des déformations permanentes, de l'hystérésis, etc.), la courbe obtenue est très voisine d'une hyperbole *(fig. 1)*.

J'en conclus que la branche de cette hyperbole qui est du côté des poids tenseurs correspond à l'orientation des molécules parallèle à la force, et l'autre branche à l'orientation perpendiculaire.

Le sommet de l'hyperbole se trouve donc, pour le caoutchouc, du côté des poids tenseurs, parce que cette matière a augmenté

(1) Voir, pour plus de développements, ma communication du 27 mai dernier à l'Association Internationale des Méthodes d'essai.

de section depuis sa formation jusqu'à son état d'équilibre naturel.

La valeur absolue du module est l'inverse du coefficient angulaire de la tangente à l'hyperbole : il a donc une valeur très grande suivant l'une des branches, presque parallèle à l'axe des abscisses (forces), et très petite suivant l'autre branche, qui coupe sous un angle aigu l'axe des ordonnées (sections).

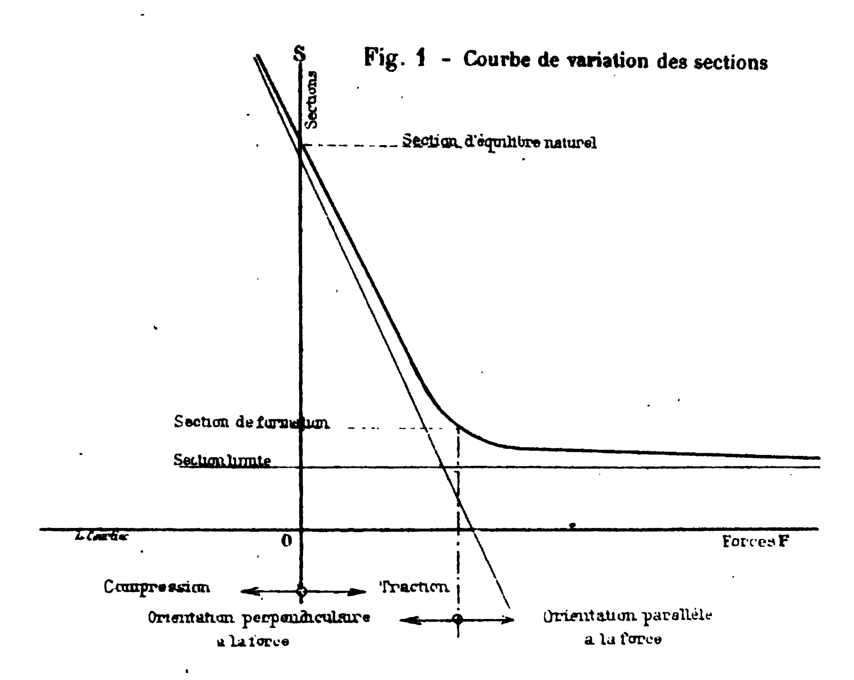


Fig. 1 - Courbe de variation des sections

Si le sommet de l'hyperbole correspond bien à l'état de formation du corps, au moment où les molécules n'ont pas d'orientation commune, ce point doit se trouver du côté des poids compresseurs pour les corps dont la section d'équilibre naturel est plus petite que leur section de formation (métaux, par exemple). Cela expliquerait la grandeur de leur module, infiniment plus grand que celui du caoutchouc faiblement déformé.

La production des hernies dans les cylindres creux s'explique par l'hypothèse des deux orientations. Quand il y a production de hernie, la pression intérieure tombe de P à p. Il y a donc deux équilibres possibles pour toutes les pressions comprises entre p et P.

Pendant la première période du gonflement, le cylindre ne s'allonge pas autant que le ferait prévoir la théorie ; sa déforma-

tion semble due à la seule traction qui tend à augmenter le diamètre. Toutes les molécules tendent donc à s'orienter parallèlement à cette force, deux fois plus grande que celle qui tend à allonger le cylindre.

A mesure que la pression augmente, l'équilibre devient de plus en plus instable, et lorsque la hernie est produite, une partie des molécules est parallèle à l'une des tractions, et l'autre est parallèle à la seconde. On a donc, en résumé, l'orientation perpendiculaire à la force résultante de ces deux tractions, qui est une compression normale à l'axe du cylindre.

Chacun des deux équilibres correspond donc à une orientation différente des molécules.

IV. — Vitesse de propagation des vibrations dans le caoutchouc.

On peut facilement, de la formule 4, déduire la durée d'une oscillation suivant la verticale d'un prisme soumis à l'action d'une force verticale.

On trouve que la durée d'une oscillation avec retour au même point dans le même sens est :

$$2T = \frac{1}{2n} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}\frac{Fl^2}{E_0 V}},$$

V étant le volume du fil.

Pendant le temps 2T, le mouvement vibratoire parcourt une longueur d'onde correspondant à quatre fois la longueur du fil.

La vitesse de propagation v est donc :

$$v = \frac{4l}{2T} = 2ln = \frac{2}{\pi}\sqrt{g\frac{E_0 V}{F}}.$$

Si le fil n'était sollicité que par son propre poids, il ne vibrerait que sous l'action de la force $F = V\delta$. On aurait :

$$v = \frac{2}{\pi}\sqrt{g\frac{E_0}{\delta}},$$

qui ne diffère de la formule de Newton que par le facteur $\frac{2}{\pi}$.

On trouve ainsi que la vitesse de propagation dans le caoutchouc de bonne qualité est de quelques dizaines de mètres, et que l'action d'une force diminue cette vitesse de façon qu'elle peut n'atteindre que quelques mètres.

V. — Théorie de l'isolement.

La transmission de vibrations d'un milieu à un autre n'est possible que si la vitesse de propagation v' dans le second milieu n'est pas très supérieure à v, vitesse de propagation dans le premier milieu.

La théorie de Fresnel repose sur ce principe :

Soit 1 l'intensité de la vibration incidente, a et b étant celles des vibrations réfléchies et réfractées. On a donc :

$$1 = a + b.$$

Le principe de la conservation de l'énergie exige que :

$$1 = a^2 + b^2 \frac{v'\delta'}{v\delta}.$$

On en déduit : $$b = \frac{2}{1 + \frac{v'\delta'}{v\delta}}.$$

Prenons comme exemple le cas où les vibrations doivent passer du caoutchouc (vitesse $v = 5$ m, par exemple) à la fonte ($v' = 3\,200$ m). On a :

$$b = \frac{2}{1 + \frac{3\,200 \times 7{,}8}{5 \times 1}} = 0{,}0004.$$

L'intensité du rayon réfracté est donc, pratiquement, nulle; on conçoit sans peine qu'un excès de pression produit lentement, parce qu'il est transmis par du caoutchouc, ne puisse faire vibrer la fonte.

Il y a donc *réflexion totale des vibrations* sur la surface du second milieu; c'est là le principe de l'isolement, et l'explication du succès constant de nos fondations.

La matière isolante doit être calculée pour que la vitesse de propagation y soit suffisamment faible; remarquons que si le nombre des vibrations y est inférieur à 16 environ, minimum correspondant aux sons perceptibles à l'oreille, il ne pourra y avoir transmission d'ondes sonores, même si la réflexion n'était pas totale.

Propagation des vibrations prenant naissance dans le système isolé. — Ces vibrations, atteignant l'isolement, lui communiquent

leur mouvement, puis, arrivant au sol, y éprouvent une réflexion totale. La vibration traverse à nouveau l'isolement, se réfléchit sur le système isolé, en lui communiquant son mouvement, et continue à cheminer ainsi jusqu'à complète déperdition de son énergie.

Le système isolé vibre donc sous l'influence, non seulement des vibrations actuelles, mais aussi des vibrations antérieures réfléchies; ses oscillations propres sont donc légèrement augmentées par l'isolement.

Propagation des vibrations qui ont leur origine hors du système isolé. — Une vibration extérieure atteignant l'isolement lui communiquera intégralement son mouvement, puisqu'elle entre dans un système à plus petite vitesse de propagation. Elle se comportera ensuite comme une vibration intérieure, elle sera pour ainsi dire emprisonnée par l'isolement qu'elle ne pourra franchir en ébranlant le sol. Le mouvement qu'elle aura communiqué au système se continuera jusqu'à déperdition de son énergie.

Immobilisation. — Il semblerait résulter de ce qui précède que l'immobilisation soit chose irréalisable; il n'en est rien, car le problème est résolu si l'on place l'appareil à immobiliser, par un artifice, au point où se forme un nœud.

Il est possible d'immobiliser d'une façon absolue un bain de mercure, lorsque les causes qui pourraient l'agiter sont les trépidations ordinaires produites par le passage des voitures, des tramways, des trains.

En général, l'immobilisation relative suffit. Par exemple, les galvanomètres, les compteurs d'électricité, etc., donnent très bien leurs indications, quoique déplacés d'un mouvement lent et régulier; l'immobilisation consiste simplement à les soustraire à l'influence des trépidations ou des vibrations d'une certaine période; notre isolement remplit ce desideratum.

Il en est de même quand il s'agit d'isoler une pièce de façon que les habitants ne soient plus gênés par les trépidations provenant, par exemple, du passage des trains; il suffit d'amortir simplement ces vibrations pour qu'elles ne soient plus perceptibles par nos sens.

VI. — Applications.

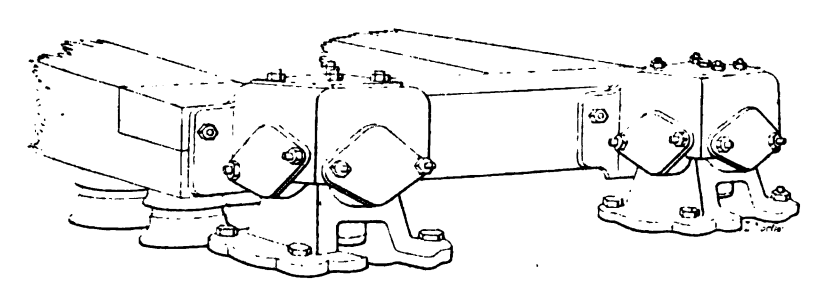
Une fondation isolante doit être établie de telle sorte qu'on puisse, non seulement visiter la matière isolante, mais encore la modifier facilement, d'abord au réglage, lors de la mise en marche, puis, plus tard, si cela devient nécessaire par suite de changement, soit à la machine, soit aux fondations.

Dans ce but, j'ai créé un type d'attaches isolantes *(fig. 2)* amovibles, destinées à maintenir les machines en tous sens. Elles sont faciles à fixer, et n'exigent pas de fosses d'isolement ni de fondations spéciales.

Toutefois, ce n'est qu'exceptionnellement qu'on peut les fixer aux machines, et, en général, un bâti en bois, en fer ou en béton armé est nécessaire.

Ces attaches *(fig. 2)* sont constituées par deux cubes concentriques, l'un, intérieur, massif, relié rigidement au sol, l'autre,

Fig. 2 - ATTACHES ISOLANTES



extérieur, creux, fixé à la machine. Ces deux cubes sont séparés par six rondelles prenant appui sur les six faces des cubes, tendant à comprimer le cube intérieur et à écarter les faces du cube extérieur.

La face inférieure du grand cube est formée par un disque d'acier relié par un boulon à la face supérieure.

Ce boulon traverse, sans pouvoir les toucher, le cube intérieur et les deux rondelles à axe vertical.

Le socle qui relie au sol le cube intérieur passe entre le disque d'acier et les faces verticales du grand cube. Ces faces portent, comme la face supérieure, des brides, qui permettent de régler le serrage des rondelles, qu'on peut ainsi modifier à volonté.

Les fondations isolantes ont ainsi un encombrement minimum; dans les machines à imprimer, par exemple, il est souvent possible de placer les attaches sous le plan de la machine.

Dans le cas des marteaux-moutons, ces fondations sont comparables comme prix avec celles exigées par les règlements, à Paris.

Ces fondations permettent l'installation de machines dans des industries où leur emploi serait impossible sans cette précaution : je citerai comme exemple les machines frigorifiques employées par les bouchers. Les baux de ces commerçants ne leur permettraient pas de laisser entendre le moindre bruit de machines dans les étages des immeubles.

Parmi les installations de fortes machines, je citerai les fondations de groupes électrogènes de 600 ch, pesant 150 t chacun, de marteaux-pilons de 1 000 kg de masse tombante, et de balanciers.

Notamment, un balancier de 10 000 kg, établi dans le plus riche quartier de Paris. Les voisins déclarent ne plus entendre le bruit de cet appareil, qui fonctionne à quelques mètres de leur hôtel.

Deux groupes électrogènes, 125 ch et 60 ch, machines à vapeur Willans, 450 et 500 tours, et dynamos Jacquet, malgré l'emploi pour une de ces machines d'une matière dite isolante dans les fondations, ne pouvaient être mis en service, même au milieu du jour, sans provoquer les plaintes des voisins. Maintenant, ils marchent toutes les nuits sans inconvénients.

Je pourrais citer plusieurs moteurs à gaz (et en particulier un de 25 ch) qui ont été remis en marche, en cours de procès, sans que les voisins s'en soient aperçus.

Parmi les installations en étage, je citerai un moteur à gaz de 3,5 ch, qui fonctionne au-dessus du voisin plaignant. L'expert s'est déclaré satisfait de cette fondation.

Enfin, parmi les outils particulièrement bruyants, les enclumes munies de notre billot isolant ne laissent plus entendre, par transmission à travers les murs, que leur bruit direct (bruit argentin), atténué de telle sorte qu'il cesse d'être une gêne pour le voisinage.

De nombreux rapports d'experts établissent que l'emploi des fondations isolantes est le meilleur moyen de concilier, d'une part, l'intérêt des voisins, en supprimant tout sujet de plaintes, et, d'autre part, celui des industriels, en leur laissant toute liberté dans leurs installations.

L'ENROULEUR DE COURROIES

de M. le Capitaine LENEVEU

« LE LÉNIX »

PAR

M. J. TEISSET

Il nous a paru intéressant, après quatre ans d'exploitation, de venir exposer à la Société des Ingénieurs Civils, les résultats pratiques auxquels nous sommes arrivé, par l'application de l'enrouleur breveté de M. le Capitaine Leneveu « Le Lénix » aux transmissions par courroies et câbles.

Nous n'insisterons pas sur la théorie mathématique de l'appareil, puisque M. Rozé, répétiteur à l'École Polytechnique, vient de la fixer d'une manière complète, dans un article des plus intéressants, qui a paru dans la *Revue de Mécanique*, du 31 mai 1905. On voudra donc bien, pour la partie théorique de cet appareil, se reporter tant à cet article, qu'à la note publiée aussi par M. Rozé dans le *Bulletin* du 30 avril 1905 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Mais nous voulons indiquer les avantages pratiques du système, avantages réels, palpables, qui peuvent rendre des services chaque fois que l'on emploie des transmissions par courroies ou câbles, et donner la description de quelques installations curieuses fonctionnant déjà depuis plusieurs années, sans avoir jamais occasionné aucun accident, ni aucune interruption de service.

Le problème universel qui consiste à transmettre le mouvement de rotation d'un arbre moteur à un arbre conduit se résout de deux manières :

1° Par transmissions à liaison invariable;

2° Par transmissions à liaison variable.

Les premières transmettent intégralement le mouvement de rotation de l'arbre moteur à l'arbre conduit. Ce sont les trans-

missions par vis sans fin, par roues dentées et chaînes, et enfin les transmissions par engrenages.

Avec les secondes, au contraire, il faut tenir compte d'un élément retardateur, le glissement, qui ne permet de transmettre qu'une partie du mouvement, ce sont les transmissions par friction directe et celles par friction indirecte.

Les transmissions par friction indirecte dans lesquelles le mouvement se transmet au moyen d'un lien flexible, courroie ou câble, bien que ne transmettant pas le mouvement d'un arbre à l'autre d'une façon intégrale, sont cependant de beaucoup les plus employées, tant à cause de leur simplicité que de leur facilité d'installation et de leur prix moins élevé. Aussi conçoit-on l'intérêt que peut présenter une amélioration apportée à ce mode de transmission, surtout comme c'est le cas pour « Le Lénix » lorsque cette amélioration consiste à réaliser tout à la fois, une économie d'installation et d'encombrement, une usure moindre et un coût bien moins élevé du lien flexible.

Dans les transmissions actuelles par courroies, les jantes des poulies étant lisses ainsi que la face des courroies qu'elles reçoivent, l'adhérence nécessaire à l'entraînement par la poulie conductrice de la poulie conduite, s'obtient en donnant à la courroie une tension suffisante, tension qui dépend surtout du coefficient de frottement de la courroie sur la jante de la poulie, de l'effort résistant de la poulie conduite, de l'angle d'enroulement de la courroie sur la poulie et des effets de la force centrifuge sur la courroie.

Les formules qui permettent de calculer ces divers éléments dans chaque cas sont bien connues :

$$T = t - F.$$

T désignant la tension du brin conducteur;
t celle du brin conduit;
F l'effort tangentiel,

et $$\frac{T}{t} = e^{f\frac{s}{z}} = e^{fx},$$

dans laquelle e est la base des logarithmes népériens 2 718;
f le coefficient de frottement;
s l'arc embrassé, z le rayon;
x l'angle de l'arc embrassé.

De ces formules il ressort que le facteur le plus important est

de beaucoup l'angle d'enroulement de la courroie sur la poulie, car lorsque cet arc croît en progression arithmétique, le frottement croît en progression géométrique et il en résulte encore que la tension sur chaque brin doit avoir une valeur égale à l'effort à transmettre, ou à la moitié de cet effort dans les cas les plus favorables. Si nous considérons les transmissions actuelles par courroie, nous voyons que l'angle d'enroulement maximum que l'on puisse obtenir théoriquement est un angle de 180 degrés pour le cas des poulies égales.

Bien que la formule ci-dessus montre quel intérêt on aurait à augmenter l'angle d'enroulement, personne n'y a pensé avant M. le Capitaine Leneveu.

Cet angle va toujours en se réduisant lorsqu'une des deux poulies diminue de diamètre, et il se réduit de plus en plus lorsque les poulies de diamètre inégal se rapprochent. Dès lors, nécessité de placer les deux arbres de transmission à une distance déterminée, nécessité souvent d'employer des transmissions intermédiaires, lorsque le rapport des vitesses est trop considérable.

Il faut, de plus, en pratique, tenir compte de la vitesse linéaire des courroies et de leur poids, car la force centrifuge intervient aussi pour décoller les courroies des jantes, la courroie flotte, l'angle de roulement diminue et la courroie glisse.

Dans les usines on connaît bien ces inconvénients et l'on cherche à y remédier par l'accroissement de la tension de la courroie, soit en la resserrant fréquemment, soit en plaçant un tendeur de façon à assurer une tension constante et aussi forte que le permet la section du cuir et la force des arbres et paliers sur lesquels on tire sans mesure afin d'éviter le glissement, sans se soucier de la force perdue considérable que l'on gaspille ainsi en pure perte, bien heureux encore quand l'excès de tension ne va pas jusqu'à fausser les arbres, à faire chauffer et user les paliers. C'est ainsi qu'au lieu d'avoir une tension initiale égale à l'effort tangentiel, nous pouvons affirmer que, dans la plupart des cas, la tension initiale sur chaque brin représente deux à trois fois l'effort à transmettre, soit six et sept fois cet effort en totalité. Aussi calcule-t-on les courroies pour résister à des efforts bien plus considérables que celui qu'elles devraient supporter, ce qui augmente de beaucoup le coût de l'installation et le poids de la masse en mouvement.

M. le Capitaine Leneveu, pénétré de ces inconvénients mul-

tiples, voulut augmenter l'arc d'enroulement des courroies sur les poulies; il chercha à enrouler le plus possible, et pour y parvenir il imagina un galet mobile qu'il plaça sur le brin conduit, le plus près possible de la poulie, et il chercha à enrouler au moins les trois quarts de la poulie.

Au moyen de ce dispositif, l'arc d'enroulement se trouva augmenté dans de telles proportions que l'adhérence fut complète et que le galet enrouleur avec une pression insignifiante lorsque le lien est souple, put maintenir la courroie enroulée sur la poulie, sans qu'il ait été nécessaire de donner de tension initiale au lien flexible. Le glissement proprement dit est supprimé, lorsque l'enroulement arrive à 280 degrés, il ne subsiste que le glissement fonctionnel qui ne peut jamais être supprimé avec des courroies élastiques, et la transmission du mouvement par lien flexible présente alors des avantages considérables.

D'abord la tension initiale se trouvant supprimée, le brin conduit de la courroie n'a plus à supporter qu'un effort variant de 1/10 à 1/200 de l'effort à transmettre, tandis que le brin conducteur supporte seulement l'effort tangentiel.

Cette tension initiale, qui dans les transmissions ordinaires par courroie est égale en pratique à cinq et six fois l'effort à transmettre n'existant plus, il n'y a plus, avec l'enrouleur Leneveu, à calculer les organes de la transmission, y compris la courroie elle-même, que pour l'effort à transmettre augmenté de l'effort exercé par le galet, soit 0,1 de cet effort, en pratique pour nous tenir dans des limites toujours plus que suffisantes, nous adoptons, non pas le chiffre 1,1 mais le chiffre 2 qui a jusqu'à ce jour été suffisant dans tous les cas. Dès lors, les arbres, les paliers, les poulies, tous les éléments de la transmission peuvent être réduits notablement de section, car l'on se trouve en présence d'un chiffre absolu toujours supérieur au chiffre réel et on peut laisser de côté tous les coefficients d'autrefois.

Il en est de même pour la courroie qui sera toujours suffisante en calculant sa section pour le double de l'effort à transmettre en prenant 0,300 kg comme résistance du cuir par millimètre carré. Cette façon de calculer nous donne des dimensions de courroies bien inférieures à celles usuelles, à tel point que dans certains cas nous sommes arrivé à des sections de cuir atteignant à peine un sixième de la courroie normale.

Voilà donc un premier avantage des transmissions Leneveu, les organes de la transmission et la courroie elle-même seront

bien plus faibles, par conséquent moins coûteux, et il en résultera une première économie de frottement due à la section plus réduite des organes en contact.

Mais cette économie est peu de chose si on la compare à l'économie de force motrice résultant de la suppression même de la tension initiale.

En effet, puisque nous tirons au maximum 1,1 de l'effort tangentiel au lieu d'exercer une traction six ou sept fois supérieure à cet effort, tout l'ensemble du travail de frottement sur les paliers se trouvera réduit dans la même proportion, et nous réaliserons alors une économie qui peut atteindre de 5 à 10 0/0 du travail total. C'est-à-dire que par l'emploi du « Lénix » dans une transmission transmettant 100 ch, nous économiserons de 5 à 10 ch. La pratique a confirmé ces résultats.

Par contre, on a objecté à l'appareil que la force prise par le frottement du galet devait être déduite du gain ainsi obtenu, cela est exact, mais si l'on veut bien se souvenir que le galet Leneveu est au plus soumis à une pression de 1/10 de l'effort à transmettre et que ses tourillons sont de très faible diamètre et qu'ils sont lubrifiés d'une façon parfaite, au moyen d'un dispositif dont nous reparlerons plus tard, on peut s'assurer facilement que cet effort est négligeable en pratique, cet appareil n'ayant aucun rapport avec les tendeurs, mais en étant plutôt l'inverse puisqu'il fonctionne comme détendeur. et c'est parce qu'on a voulu le comparer aux tendeurs que l'on a été conduit à faire l'objection à laquelle nous répondons ci-dessus.

Les transmissions Leneveu présentent encore d'autres avantages. Avec elles il n'est plus besoin de tenir compte de la distance des axes puisque le glissement n'existe plus et que l'on peut si besoin est, enrouler non pas une seule des poulies, mais les deux, au moyen d'un galet mobile placé sur une des poulies, et d'un galet fixe sur l'autre, on comprend très bien que les axes puissent être aussi rapprochés ou aussi éloignés qu'on voudra, sans avoir jamais à craindre les inconvénients d'autrefois.

La distance des axes n'étant plus à considérer, on reste maître de la position à donner à ses machines, par rapport à la transmission d'attaque.

Les courroies verticales autrefois si peu employées deviennent les plus recommandables, car dans ce cas, l'enrouleur « Lénix » devient le meilleur et le plus pratique des débrayages, il suffit de soulever le galet enrouleur pour arrêter la transmission de

l'effort ou de le remettre à sa position de marche pour obtenir l'entraînement. Que de place gagnée avec un tel système, quelle facilité pour installer des dynamos contre les murs par exemple, laissant libre tout l'intérieur d'une salle.

Les bâtiments peuvent être de beaucoup réduits, et permettre une notable économie de premier établissement.

Nous ajoutons que comme complément à cet avantage, le « Lénix » en présente un autre : C'est la suppression des transmissions intermédiaires. En effet, n'ayant plus à redouter le glissement nous avons pu aborder des rapports de poulies inconnus avant l'invention de M. le Capitaine Leneveu et les rapports de 1/20 et 1/30 sont maintenant pour nous des rapports courants et donnant la plus grande sécurité, nous pouvons même ajouter que le « Lénix » fonctionne d'autant plus facilement que les axes sont plus rapprochés quand le rapport des deux poulies est supérieur à 8.

Nous devons dire que l'enrouleur Leneveu ne peut s'appliquer aux courroies croisées, le problème est insoluble, une simple épure en peut témoigner, mais par contre il rend les plus grands services appliqué aux courroies mi-croisées.

Jusqu'à ce jour les courroies torses ne pouvaient être employées avec des rapports supérieurs à 4. Avec le « Lénix » nous avons des courroies mi-croisées fonctionnant parfaitement avec des rapports de 1/20. Se souvenant du fait que le brin mou n'a aucune tension, aucun effort, nous reportons sa direction près de la courroie motrice en enveloppant le plus possible la poulie horizontale, et c'est sur la tangente à ce galet que nous plaçons l'axe de la poulie verticale à commander, poulie verticale sur laquelle se fixe l'enrouleur.

Le croquis montre la nouvelle position de la courroie et des poulies dans le dispositif à enrouleur Leneveu *(fig. 1)*. Le fonctionnement est parfait et grâce à la position nouvelle des deux brins, le cuir n'est plus altéré et se conserve bien plus longtemps. La longueur de la courroie est sensiblement égale sur les deux côtés.

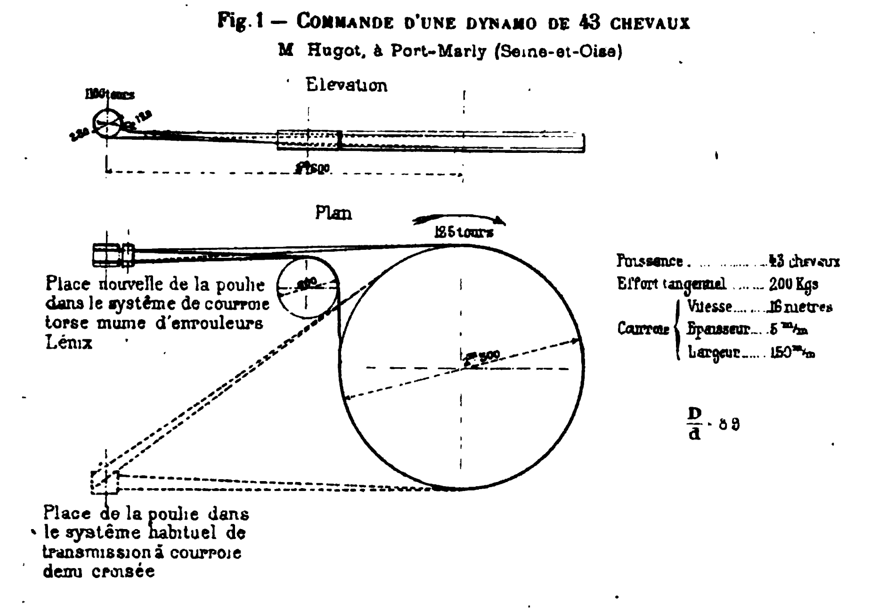
Ce mode d'attaque va permettre de supprimer l'attaque par engrenages des transmissions horizontales par des turbines verticales, il supprime donc tous les ennuis des engrenages, bruit, usure, etc.

Nous donnons également quelques schémas d'installation qui feront bien saisir la façon dont doit se placer le « Lénix », afin

de donner toute sécurité et assurer un enroulement suffisant du cuir sur les deux poulies.

Un des avantages du « Lénix » consiste encore à supprimer tous les effets de décollement des courroies dus au fouettement des courroies et à la force centrifuge; ces deux inconvénients inhérents au système ordinaire de commande par courroies.

Fig. 1 — COMMANDE D'UNE DYNAMO DE 43 CHEVAUX
M Hugot, à Port-Marly (Seine-et-Oise)



Dans les courroies longues, lorsque la distance des axes est importante ou bien encore dans les courroies fonctionnant à grande vitesse, on observe toujours un décollement réduisant plus ou moins et le plus souvent de beaucoup l'arc d'enroulement. Avec l'enrouleur Leneveu, le phénomène cesse.

Il en est de même lorsqu'il s'agit d'une courroie lourde allant un peu vite, surtout lorsque le rapport des poulies est un peu grand, dans le cas d'une machine à vapeur attaquant une transmission par exemple.

Dans tous ces cas, l'air s'introduit entre la poulie et la courroie par suite du décollement et la courroie glisse, tandis qu'en plaçant un enrouleur sur la petite poulie et si les axes sont éloignés, en ajoutant un galet fixe devant le volant de commande, on évite de suite tous ces phénomènes nuisibles.

Une particularité du système d'enrouleur Leneveu qui nous surprit tous au début, c'est que l'arc embrassé augmente alors

que l'effort tangentiel augmente. En effet, la courroie ne travaillant qu'à 0,300 kg par mm², au maximum, reste absolument élastique pour une résistance donnée, son allongement augmente avec la résistance, et si l'on revient à la résistance initiale, la courroie reprend elle-même sa longueur primitive.

L'équipage formé de deux poulies reliées par une courroie et munies d'un enrouleur, se trouve dans des conditions telles que l'allongement du brin conducteur donne à la courroie une longueur plus grande et l'enrouleur applique la courroie sur un arc plus grand puisqu'il n'a d'effort à exercer que sur le brin mou qui n'a aucune tension lorsqu'il quitte l'enrouleur.

Cela nous amène à dire que le « Lénix » est un appareil autorégulateur qui dans une certaine mesure proportionne l'arc embrassé à l'effort développé. Nous avons vu des usines où le mécanicien reconnaît la force dépensée par sa dynamo, à la position qu'occupe son enrouleur.

Il serait à craindre que le galet vienne à toucher le brin conduit si l'effort devenait trop grand, mais il n'en est rien, à moins de surcharger le galet; en effet, si la charge sur le galet est convenablement calculée, on peut voir que l'effort maximum de cette charge s'obtient au moment où les flasques du galet sont parallèles au brin tendu, car, dans ce cas, le bras de levier se projette en vraie grandeur sur le brin conducteur et pour toute autre position supérieure ou inférieure il n'est représenté que par une projection qui va en se réduisant progressivement lorsque le galet enrouleur s'approche du brin conduit.

Ce sont là des propriétés curieuses de l'enrouleur que nous tenions à signaler car elles témoignent de la docilité de cet organe, de sa souplesse, et montrent le faible effort qu'il absorbe. C'est bien à proprement parler, un détendeur de courroie, c'est l'inverse du tendeur auquel cependant bien des Ingénieurs distingués l'ont comparé à tort à son début.

Nous ajouterons enfin que dans la majorité des cas, les courroies employées avec l'enrouleur Leneveu doivent être collées, et ne présenter ni saillie, ni surépaisseur; le plus souvent nous employons le cuir de bonne qualité qui se prête fort bien à un collage rapide, sans surépaisseur, mais on a aussi employé des courroies en coton ou des courroies balata collées également.

Quel que soit le lien, il est nécessaire pour obtenir une marche satisfaisante que cette courroie soit souple, car si l'on veut éviter la surcharge qui serait nécessaire pour ployer la courroie

autour du galet, il faut rechercher l'accroissement de section dans la largeur du lien plutôt que dans son épaisseur, la pression du galet enrouleur ayant surtout pour effet de vaincre la résistance à la flexion que présente la courroie. L'enrouleur réclame donc autant que possible l'emploi de courroies minces et larges, malgré cela le calcul arrive toujours à donner en courroies simples des largeurs moindres que celles que nécessiterait l'emploi de courroies doubles ordinaires pour les mêmes forces.

Nous ajoutons que la symétrie complète de la courroie due au collage sans surépaisseur, permet d'éviter les à-coups dus au passage des jonctions sur les poulies, les agrafes présentent une masse plus lourde en un point du lien dans les courroies à grande vitesse et donnent lieu à des chocs et à des irrégularités de marche que l'enrouleur fait totalement disparaître.

Enfin les transmissions Leneveu suppriment le glissement presque entièrement, ne laissant à la transmission qu'un glissement maximum de 1 à 1 1/2 0/0 dû à l'élasticité du lien durant le travail, mais le glissement ordinaire n'existe plus, et il y a lieu de tenir compte de ce nouvel avantage qui représente une nouvelle économie de force lorsqu'on installe un enrouleur.

Nous avons pu en installant un enrouleur sur un métier à tisser augmenter jusqu'à 8 0/0 la production de ce métier en maintenant les anciennes poulies prévues par le constructeur et cela par suite de la suppression du glissement.

Nous ajouterons que le mode de calcul des courroies avec le système Leneveu est des plus simplifié. La formule habituelle est :

$$S = \frac{10}{3} Tm,$$

S étant la section du cuir;

Tm la tension du brin moteur exprimé en kilogrammes avec l'enrouleur Leneveu comme Tm diffère très peu de l'effort transmis, nous adoptons :

$$S = \frac{10}{3} F,$$

F étant l'effort à transmettre, et nous faisons travailler le cuir à 0,300.

Nous ferons remarquer également que les courroies Leneveu n'étant soumises à aucun effort à l'arrêt et n'ayant à supporter durant la marche que des tractions variables toujours propor-

tionnelles à la charge, sont infiniment moins fatiguées que ne le sont les courroies ordinaires. Nous avons sur une dynamo d'éclairage une courroie de 0,04 de largeur et de 0,004 d'épaisseur qui fait depuis quatre ans un effort de 13 ch, et qui depuis ce temps est restée parfaitement élastique, puisque chaque jour à l'arrêt elle se raccourcit de la même quantité, et fait toujours remonter son enrouleur de la même quantité, soit environ 0,10 m.

Nous croyons devoir rappeler également les craintes qui nous ont été souvent exprimées que les ploiements en sens inverse, très acccentués et très fréquents, dus aux passages successifs de la courroie sur l'enrouleur, ne fussent une cause de détérioration rapide de la courroie, le simple raisonnement montre que des courroies ne supportant qu'un effort de 2 à 6 kg par millimètre carré alors qu'elles peuvent résister à 3 ou 400, peuvent se ployer en tous sens sans aucune détérioration.

La courroie dont nous parlons plus haut et qui marche depuis quatre ans dans nos ateliers de Passy en est la preuve, car elle n'a subi aucune altération malgré le travail très dur auquel elle a été soumise.

L'enrouleur affecte plusieurs formes suivant les circonstances.

Le plus simple, c'est l'enrouleur circulaire. Sur l'extrémité des paliers entre lesquels se trouve calée la poulie d'attaque, on pratique une rainure disposée pour recevoir des flasques mobiles, ces deux flasques sont munies de paliers brevetés Leneveu sphériques. Ces paliers reçoivent les deux extrémités de l'arbre du galet « Lénix ».

Ces paliers sont cylindriques afin que l'huile puisse lubrifier l'arbre du galet quelle que soit sa position, et de plus, étant sphériques, ils peuvent se placer d'eux-mêmes bien parallèles à l'arbre du galet, afin d'atténuer toute résistance pouvant provenir d'une position oblique de cet arbre.

Ces paliers, très ingénieux, sont composés de trois réservoirs communiquant entre eux par des trous dans toutes les positions. Le long du coussinet, et en hélice, sont percés des trous munis chacun d'une mèche en coton et placés de façon qu'en projection chaque point de l'arbre trouve une de ces mèches à son passage et puisse se lubrifier, dès lors plus de patte d'araignée, plus de point sans graissage, les mèches de ce palier sont très longues, enroulées à l'intérieur autour du coussinet elles forment l'office d'un filtre en renvoyant à l'arbre de l'huile qui après un

passage entre les parties à lubrifier, vient s'épurer dans ces longues mèches en coton.

Ajoutons que nos arbres de galets sont faits d'une façon toute spéciale : à la sortie du coussinet, l'arbre présente un plan incliné, puis une suite de gorges, la plus rapprochée du coussinet plus grosse que la seconde. Un tel dispositif empêchera toute perte d'huile hors du palier.

Ce dispositif de palier qui s'adapte avec le même succès comme moyeu de poulies folles, a le grand avantage de ne gripper jamais et c'est bien à lui que nous devons le succès de l'appareil.

En effet, nous avons eu pour un travail de 60 fois 10 heures, soit 600 heures, un galet fou muni de moyeu Leneveu qui n'a dépensé que 2 g d'huile en tournant à 6 000 tours par minute durant ce long temps.

Revenons à nos dispositifs d'enrouleurs. On peut les faire comme nous venons de l'indiquer tout à l'heure.

Pour les dynamos de petite force et de force moyenne, jusqu'à 60 ch par exemple, on peut les faire en forme d'étrier, en porte à faux, le nez du palier de la dynamo reçoit une rainure où s'engage le collier en deux pièces qui porte le galet en porte à faux.

Enfin, si l'on ne peut pas rester concentrique à la poulie à munir d'un enrouleur, on peut fixer l'axe d'oscillation en dehors de la poulie, mais le plus près possible du limbe.

Pour de faibles forces, la construction se simplifie encore, nous remplaçons l'arbre, le galet et les deux paliers par un galet fou à moyeu Leneveu. Ce dispositif, très peu coûteux, a déjà rendu de très grands services.

Dans certaines grosses installations, au contraire, nous avons fait des supports de paliers sphériques, coulissant sur des barres cylindriques ; dans ce cas, il y a quelques précautions à prendre pour bien régler la longueur de la courroie.

Nous ajouterons que toutes les fois que l'on veut employer l'enrouleur pour faire débrayeur, rien n'est plus facile et rien n'est plus sûr, mais à la condition d'ajouter d'un côté un tambour et de l'autre une poulie morte à moyeu Leneveu à côté de la poulie fixe. L'enrouleur se plaçant sur l'un quelconque des côtés de l'équipage, mais sur la poulie à plus petit diamètre.

Nous croyons, par ces indications, avoir exposé d'une façon suffisante les avantages du système Leneveu, les différentes formes qu'il affecte suivant les cas ; il nous reste encore à donner

quelques exemples afin de bien démontrer les avantages multiples de l'appareil :

L'exemple que nous avons choisi parmi beaucoup d'autres se rapporte à la substitution à deux roues d'engrenages, dont l'une venait de se briser, d'une commande Leneveu *(fig. 2)*. Ces roues

Fig 2 — Commande d'une transmission de 150 chevaux
Société anonyme des Papeteries Jeand'heurs

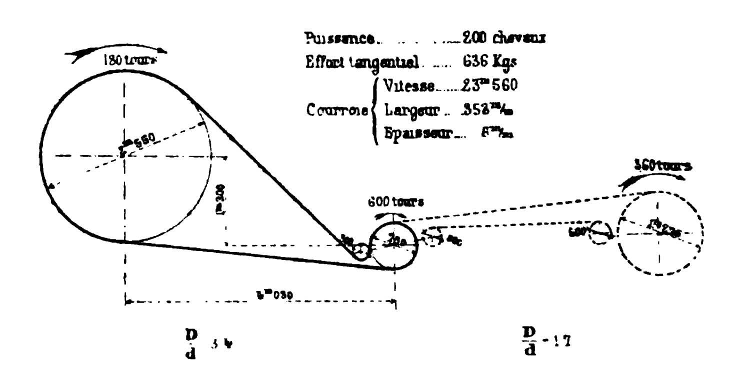
Puissance .... 150 chevaux
Effort tangentiel ... 1591 Kg
Courroie { Vitesse ... 7m06 / Epaisseur 0.015 / Largeur 0.400

$\frac{D}{d} = 1.86$

sont représentées en traits ponctués dans les figures et montrent combien l'espace disponible pour la pose du galet enrouleur était forcément restreint.

Il fallait cependant transmettre 150 ch avec une vitesse à la courroie d'environ 7 m par seconde et un galet enrouleur de

Fig 3 — Commande d'un alternateur de 200 chevaux
M. Clément, à Mézières



petit diamètre; malgré ces conditions défavorables d'établissement, le fonctionnement de cette installation est très satisfaisant.

Les dessins joints au texte montrent la commande d'un alternateur de 200 ch, chez M. Clément, à Mézières, l'enrouleur circulaire est double et permet de commander l'alternateur, soit par la turbine, soit par la machine à vapeur pour une puissance de 200 ch *(fig. 3)*.

Un effort tangentiel de 636 kg.

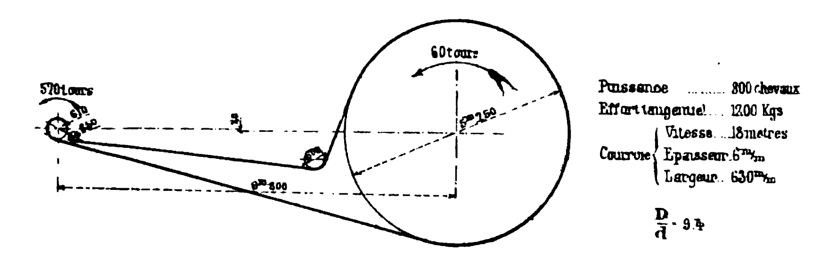
Nous avons à la courroie :	Vitesse	23,560 m
—	Largeur	0,353
—	Épaissseur	0,006

Une commande de dynamo de 300 ch à la Société des Lampes à incandescence, à Ivry (Seine), donne avec un rapport de 9,4 :

Effort tangentiel : 1 200 kg *(fig. 4)*.

Courroie :	Vitesse	18 m
—	Épaisseur	0,6304
—	Laгgeur.	0,353

Fig. 4 — Commande d'une dynamo de 300 chevaux
Société des lampes à incandescence, à Ivry (Seine)



Commande d'une transmission de 43 ch. Courroie demi-croisée. Enrouleur circulaire *(fig. 1)* :

Puissance	43 ch
Effort tangentiel de l'enrouleur	200 kg
Pression sur le brin conduit.	15 kg
Courroie : Vitesse	16 m
— Épaisseur	0,005
— Largeur.	0,150

Le rapport $\frac{D}{d} = \frac{8,9}{1}$.

Commande d'une transmission de 150 ch :

Puissance.	150 ch
Effort tangentiel.	1 591 kg
Pression de l'enrouleur sur le brin conduit	180 kg
Courroie : Vitesse	7,06 m
— Épaisseur	0,015
— Largeur.	0,400

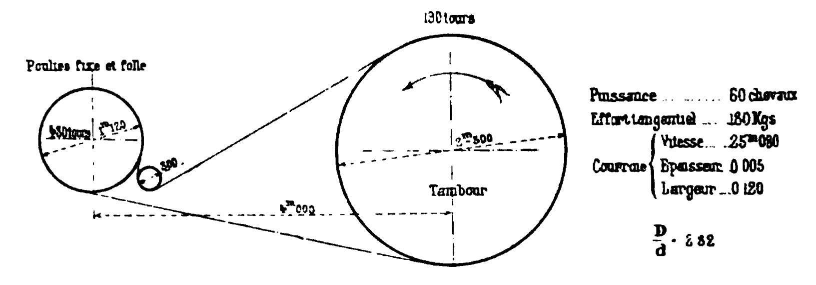
Le rapport $\frac{D}{d} = 1,86$.

Commande d'une dynamo de 60 ch. Enrouleur circulaire débrayeur *(fig. 5)* :

Puissance.	60 ch
Effort tangentiel.	180 kg
Pression de l'enrouleur sur le brin conduit	12 kg
Courroie : Vitesse	25,080 m
— Épaisseur	0,005
— Largeur.	0,120

Le rapport $\frac{D}{d} = 2,32$.

Fig 5— Commande d'une dynamo de 60 chevaux
Usine à gaz d'Auxerre (Yonne)



Enfin, nous terminons en donnant un aperçu des simplifications énormes auxquelles peut entraîner l'application de l'enrouleur Leneveu.

Nous rappellerons les devis comparatifs qui ont été publiés dans la *Revue technologique* en août 1903.

Nous avons pu établir pour 1 855 f deux transmissions à enrouleurs, dont le prix eut été de 6 644 f par le système ordinaire, en supprimant un renvoi intermédiaire et la charpente devant le supporter.

Dans nos ateliers, notre dynamo de 13 ch a pu recevoir sa commande au moyen d'une dépense de 407 f, la commande antérieure à l'enrouleur avait coûté 891 f.

A la Société « La Française Électrique » on a dépensé 725 f avec enrouleur, au lieu de 1 570 f prévus sans enrouleur Leneveu.

Nous espérons que ces indications pourront être par la suite utiles à tous ceux qui s'occupent des questions relatives à l'art de l'Ingénieur, et c'est parce que l'invention de M. le Capitaine Leneveu, le « Lénix » entraîne à une économie réelle, tant dans le coût d'installation que dans la force motrice, toujours utile à économiser, que nous avons cru nécessaire de donner ici la description de ce nouvel organe de transmission qui se développe avec une grande intensité depuis qu'il est plus connu. Nous avons vu bien des industriels, fort ennuyés de certaines transmissions, retrouver avec l'enrouleur Leneveu la sécurité. Cela nous a incité à vouloir le faire connaître davantage, certain que nous sommes aujourd'hui de son utilité.

NOTE SUR UNE COMMUNICATION

faite par M. TEISSET, à la Société des Ingénieurs Civils de France

(Séance du 2 juin 1905)

SUR

L'ENROULEUR DE COURROIES « LE LÉNIX »

de M. le Capitaine LENEVEU

PAR

M. F.-G. KREUTZBERGER

Ayant eu connaissance, par la lecture du bulletin de la séance ci-dessus énoncée, de la communication faite par M. Teisset, sur l'enrouleur de courroies « le Lénix », de M. le Capitaine Leneveu, et de l'intéressante discussion qu'elle a provoquée, je viens apporter à la Société le modeste tribut de mon expérience de vieux praticien, trop heureux si les exemples que je vais produire peuvent permettre de préciser un peu la question.

Tout d'abord, je désire aborder un point, à mon avis capital, de la question, qui jusqu'à présent ne semble pas avoir été élucidé contradictoirement.

Dans son brevet, en date du 3 juillet 1901, M. Leneveu s'exprime ainsi :

« Le système de commande qui fait l'objet de *mon invention*
» est basé sur *la découverte* que j'ai faite de ce principe, qu'il
» suffit, pour supprimer les glissements dans les commandes par
» courroies ou par câbles, d'enrouler le brin conduit, ou brin
» mou, autour de l'une ou des deux poulies, suivant le cas, en l'ap-
» pliquant le mieux possible contre la jante, de façon à obtenir un
» arc d'enroulement très voisin de 270 degrés ou supérieur, et
» de le maintenir ainsi enroulé pendant la marche par une faible
» pression. »

Plus loin, il ajoute :

« Il (le Lenix) est en particulier *l'opposé du système qui consiste*
» *dans l'emploi des tendeurs*. »

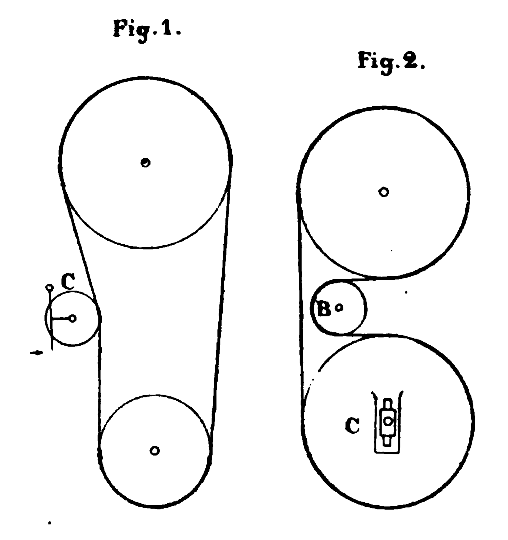
De même, dans une communication faite à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le 13 juin 1902, le rapporteur, en parlant de l'enrouleur, dit en propres termes :

« Ce galet, qui *n'est pas un tendeur*, ne doit exercer qu'une pres- » sion très faible sur le brin conduit... »

Il semble qu'il y ait là au moins le commencement d'une confusion. Ainsi, rien dans mon esprit ne me porte à trouver quoi que ce soit de fatidique au chiffre de 270 degrés que le Capitaine Leneveu inscrit comme résultat de sa découverte, sans d'ailleurs expliquer pourquoi.

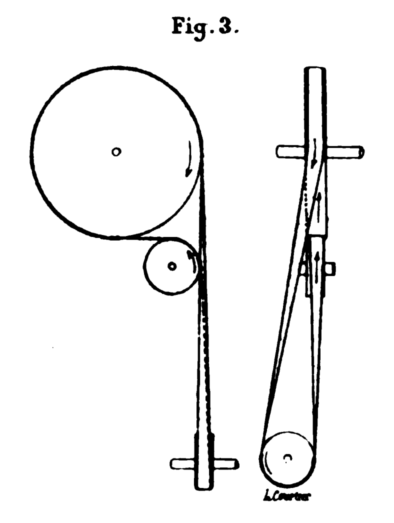
La loi d'adhérence, qui exprime le rapport de tension des deux brins d'un lien flexible enroulé sur un cylindre, en fonction du coefficient de frottement et de l'arc d'enroulement, s'applique, il me semble, à tous les cas, aux courroies embrassant à peine leur poulie sur moins d'un quart de tour, ce qui est encore assez fréquent, comme au frein rustique et parfait qu'improvise un terrassier en serrant le rouleau de son treuil de bois de quelques tours de la corde dont il tient, légèrement, le brin conduit dans la main. Dans ce cas, les 270 degrés sont, je crois, bien surpassés.

En fait, il est évident que la tension artificielle du brin conduit, et l'augmentation de l'arc d'enroulement sur la poulie, sont deux facteurs dont le mécanicien use à volonté, soit séparément, soit simultanément, pour réaliser l'adhérence nécessaire au fonctionnement, et ceci sans doute depuis l'origine de la disposition.



Reuleaux, dans son ouvrage *Le Constructeur* (3e édition française, 1890), présente entre autres, page 759, figures 844 *a* et *b*, reproduites ci-dessus *(fig. 1 et 2)*, deux cas caractéristiques à ce sujet. Dans la figure 1, le galet C tend le brin conduit sans changer notablement l'arc d'enroulement; dans la figure 2, l'adjonction d'une poulie guide B permet :

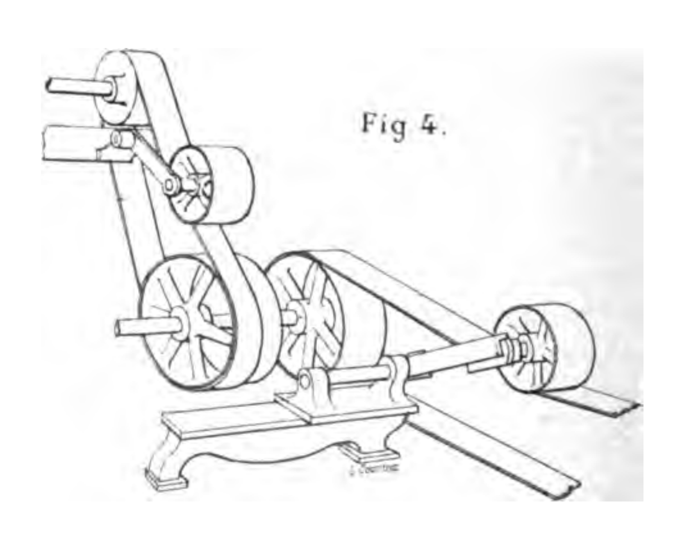
1° l'augmentation de l'arc d'enroulement; 2° une tension initiale invariable pendant le fonctionnement, mais réglable au moyen d'un curseur rectiligne C.


Fig. 3.

A ces deux exemples schématiques, je joins deux autres solutions : l'une *(fig. 3)*, également tirée de Reuleaux, nous montre un galet guide faisant fonction, en même temps, de guide et d'enrouleur.

Le suivant *(fig. 4)* est tiré d'un ouvrage américain, datant de 1888, et intitulé ***Modern Machine Shop Practice***, de Joshua Rose, volume II, page 305, il nous montre un dispositif de deux tendeurs simples.

Je crois avoir ainsi bien séparé les rôles spéciaux des enrouleurs et des tendeurs. D'autres exemples, que je tirerai encore du même livre, me permettront d'éclairer encore mieux la question.


Fig 4.

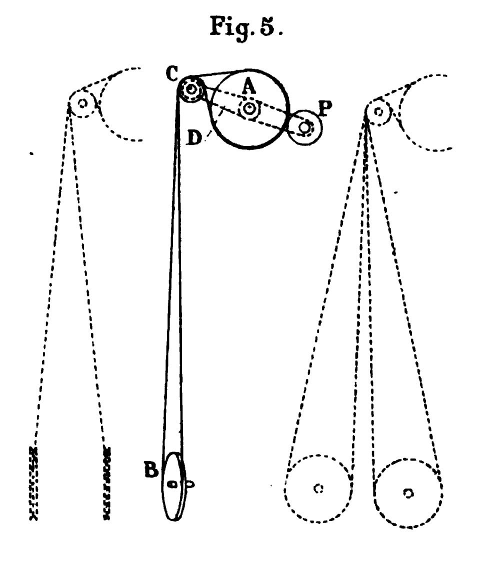
Mais, en général, ces deux moyens, tension et enroulement, ont été employés simultanément depuis fort longtemps, parce que cela est dans la nature des choses, et que les deux solutions

s'obtiennent ensemble avec facilité; ainsi, « le Lénix » est réellement un tendeur-enrouleur.

Ayant eu besoin, il y a plus de 25 ans, d'une disposition de ce genre, pour donner une tension constante à un câble devant mettre en mouvement une poulie se déplaçant longitudinalement, transversalement et circulairement, j'ai étudié et fait construire, aux Ateliers de constructions de l'Artillerie, à Puteaux, avant 1880, un dispositif spécial d'enrouleur pour câbles légers transmettant dans des tours de précision un faible effort, et qui, pour cet emploi particulier, mais plus complexe comme application, possède toutes les qualités du « Lénix ». M. le Capitaine Leneveu a certainement pu en apprécier le fonctionnement.

Il s'agissait de transmettre (*fig. 5*) le mouvement de rotation d'un tambour A à une poulie B dont l'axe était fixé sur un montage d'appareil à fraiser, percer, etc., mais qui devait se déplacer dans les trois sens, comme je l'ai dit, par rapport à l'axe du tambour placé au-dessus du tour; il importait d'avoir toujours la même tension; j'employai pour cela deux galets montés côte à côte sur le même axe, en C; cet axe était fixé lui-même aux extrémités de deux bras D, articulés aux extrémités opposées sur l'axe du tambour et portant chacun un contrepoids P, qui assurait une tension suffisante au petit câble. Cette action s'exerçait à la fois sur les deux brins, conducteur et conduit, pour la commodité des virements sur toute la longueur du tambour. Le problème était un peu plus compliqué que celui d'enrouler un câble ou une courroie restant toujours dans le même plan.

Fig. 5.



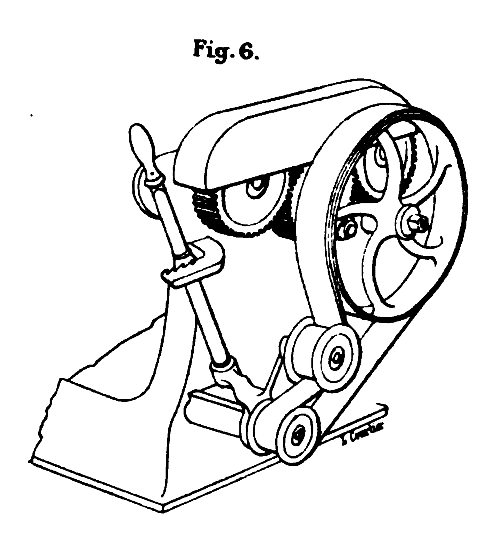
Le problème a été résolu par plusieurs constructeurs longtemps avant la création du « Lénix », car l'idée d'augmenter l'arc d'enroulement au moyen d'un galet agissant sur le brin conduit ou mou est fort ancienne et a été appliquée en maint cas. Je puis

même dire qu'aucun vrai mécanicien ne se serait avisé de mettre un tendeur sur le brin conducteur qui doit naturellement rester droit pour exercer toute son action. En effet, un galet agissant sur le brin conducteur ou tendu exercerait forcément une grande pression et donnerait lieu à une déperdition de puissance en proportion. Il faut donc considérer la disposition d'un galet sur le brin tendu d'une courroie comme un non-sens, à moins qu'il ne s'agisse de faire dévier ce brin de courroie pour assurer son passage par un chemin déterminé.

Pour prouver qu'on a eu depuis longtemps des notions exactes sur ce sujet, il suffit de montrer quelques exemples, dont certains déjà anciens, d'applications du tendeur-enrouleur.

Dans l'ouvrage américain précité, page 323, nous trouvons un dispositif de tendeur-enrouleur sur une machine à bois (*fig. 6*) construite par P. Pryibil, de New-York. Le bras porte-galet est articulé sinon au centre de la petite poulie, du moins tout près; le système réalise, sur les deux poulies en présence, des arcs d'enroulement peu différents de 270 degrés, comme le prescrit M. le Capitaine Leneveu. Ce « Lénix » est actionné non par un poids, mais par un levier à main avec cran d'arrêt; cette différence ne change pratiquement pas la portée de l'invention.

Fig. 6.

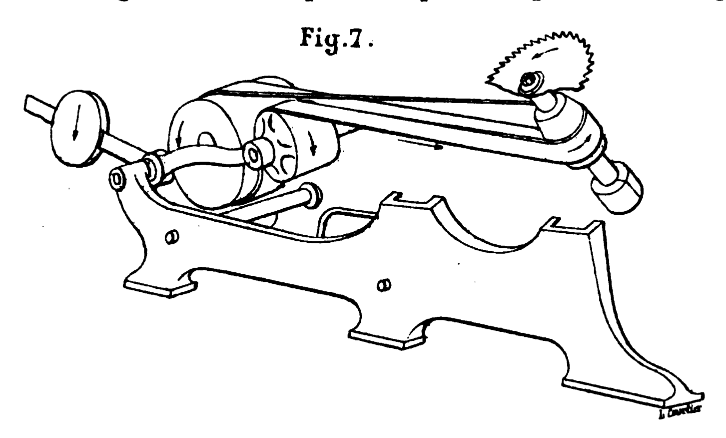


Page 297 du même ouvrage, un autre dispositif de tendeur-enrouleur (*fig. 7*) est appliqué sur une machine à bois construite par J.-S. Graham and C°, Rochester (New-York). Une audacieuse inclinaison de la scie circulaire a obligé le constructeur à articuler le tendeur-enrouleur au centre de la poulie, et à l'actionner par un contrepoids monté sur un bras auxiliaire. Cela reproduit exactement le type circulaire du « Lénix » dont M. le Capitaine Leneveu dit dans son brevet :

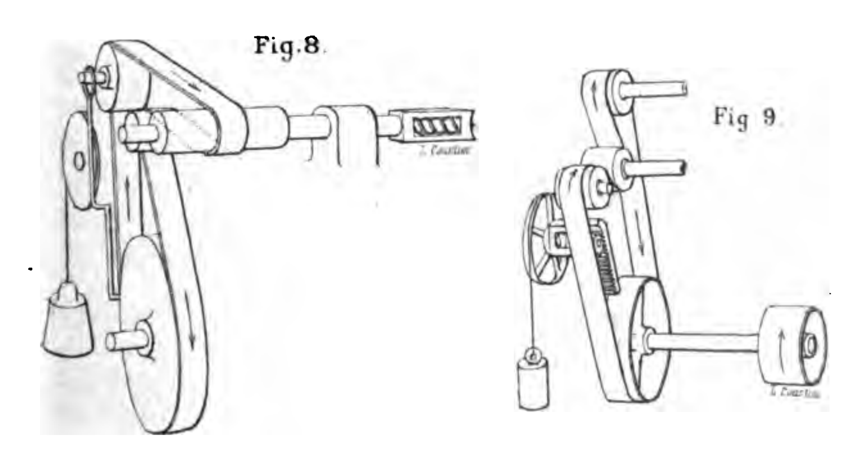
« C'est le prototype de mon système, c'est celui dont on devra » faire usage lorsqu'on créera une installation complète... »

Cette recommandation, formulée treize ans après la publication citée ci-dessus, mérite néanmoins d'être retenue.

Bien que la courroie ne soit pas représentée sur la gravure, dans l'ouvrage américain, pour ne pas masquer d'autres parties du mécanisme, le squelette de l'appareil n'en montre pas moins clairement le principe.


Fig. 7.

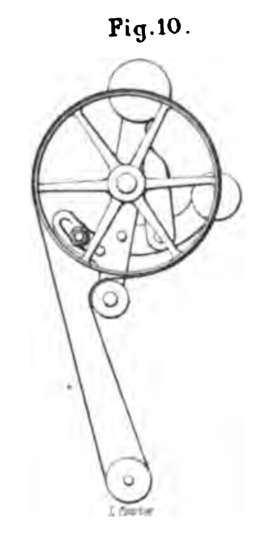
D'ailleurs les « Lénix » fourmillent dans cette partie de l'ouvrage de M. Rose qui, soit dit en passant, est absolument remarquable, et, l'on pourrait dire, constitue le modèle d'autres livres analogues si nécessaires pour vulgariser la construction mécanique pratique moderne.


Fig. 8. Fig. 9.

M. Rose montre encore, pages 345 et 346, deux machines construites par Fay and C°, de Cincinnati. La première (*fig. 8*), représente une partie d'une machine à mortaiser déjà exposée

en 1889. Celle-ci a son tendeur-enrouleur sur un levier actionné par un contrepoids. La deuxième (*fig. 9*), représente une partie d'une machine à faire les tenons; le tendeur-enrouleur a un mouvement rectiligne produit par pignon et crémaillère; l'effet de la tension et de l'enroulement se produit sur deux axes.

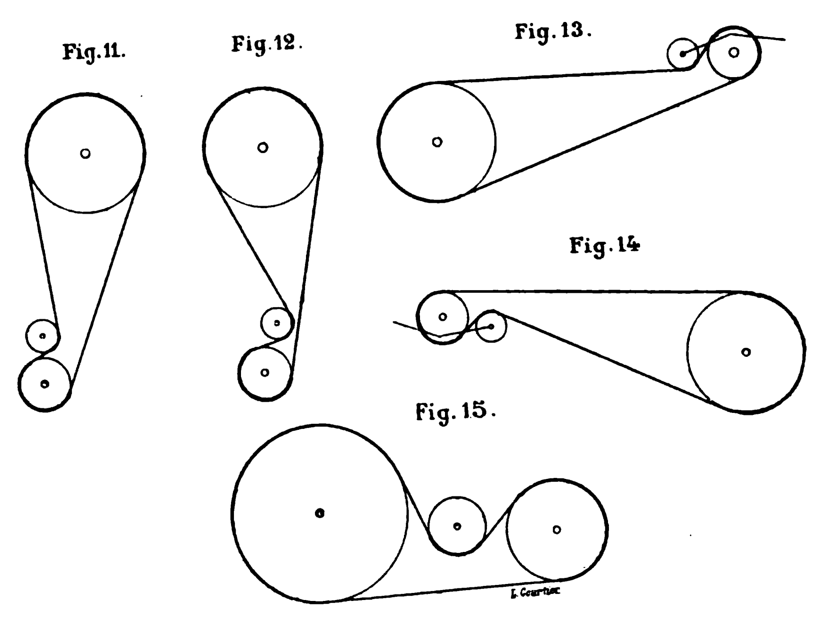
Fig. 10.



La Brown and Sharpe Manufacturing Company, avant l'Exposition de 1889, a employé un tendeur-enrouleur pour ses machines automatiques à tailler les engrenages. Ce système a été changé depuis parce que de nouvelles exigences ont nécessité l'emploi d'une transmission plus positive.

La Norton Emery Wheel Company, de Worcester, a exposé en 1900 une machine à rectifier et à affûter les fraises mécaniquement dans laquelle le renvoi donne le mouvement de rotation à l'axe de la meule, comme l'indique la figure 10; c'est le « Lénix » tel quel.

On pourrait multiplier considérablement ses précédents si l'on



voulait empiéter sur d'autres industries, l'industrie textile, par exemple, si riche en solutions cinématiques.

Pour faciliter la comparaison, j'ai joint les figures 11, 12, 13, 14, 15, que j'ai trouvées dans le texte du brevet de M. le Capitaine Leneveu.

En résumé, M. Bochet, à la séance du 3 juin dernier, a donné, je crois, la note juste de cette petite controverse, en déclarant que rien dans le dispositif de M. le Capitaine Leneveu, dont il comprend du reste très bien les propriétés et les qualités, n'est en dehors des règles enseignées, *et j'ajoute, pratiquées*, quant aux transmissions de mouvement par courroies ou par câbles.

L'organe unique, le galet, pour réaliser *la tension ou l'enroulement*, placé entre les deux poulies, soit rapprochées, soit éloignées, soit encore près de l'une ou de l'autre, a toujours été disposé pour agir sur le brin conduit ou mou. D'une façon générale, son action a eu pour effet d'augmenter l'arc de poulie embrassé par la courroie.

On peut donc dire que *les tendeurs ont toujours été peu ou prou des enrouleurs*, et *les enrouleurs des tendeurs*.

QUELQUES NOUVEAUX TYPES

DE

MATÉRIEL DE CHEMINS DE FER

Voitures de deuxième classe à bogies et voitures de deuxième classe à fourgon de l'Ouest. — Transformation des anciennes voitures par allongement et par jumelage. — Voiture de l'Assistance Publique pour le transport des enfants.

PAR

M. Henri CHEVALIER

Depuis quelques années le goût du public français s'est nettement prononcé en faveur des voitures à couloir et à cabinet de toilette, d'un autre côté, la traction se fait mieux lorsque les trains sont composés de véhicules de dimensions et de poids sensiblement égaux. Ces considérations ont conduit toutes les Compagnies à adopter, au moins pour les voitures à longs parcours, les longueurs de 12 à 15 m, ce qui entraîne la construction de voitures nouvelles et la transformation des anciennes qui n'ont que 6 à 7 m.

Nous examinerons d'abord les nouvelles voitures de l'Ouest et de l'Est, puis l'utilisation des anciennes voitures par allongement et par jumelage, enfin la nouvelle voiture de l'Assistance publique.

Voiture de deuxième classe à bogies.

Les nouveaux types de la Compagnie de l'Ouest ont été étudiés par les Ingénieurs du matériel de cette Compagnie, MM. Huillier, Ingénieur principal, et Dubois, Ingénieur, sous la direction de M. Sabouret, Ingénieur en chef.

La voiture de deuxième classe à bogies est un modèle excellent. Elle a été décrite par M. Dubois, dans la *Revue générale des Chemins de fer* (juin 1904) ce qui me dispensera d'en parler longuement. C'est une voiture à couloir avec soufflets d'intercommunication; elle contient neuf compartiments et un cabinet de toilette; le chauffage se fait par thermosiphon, les portes des

compartiments sont à glissement sur verre et sans serrures; l'éclairage est à l'huile.

La partie la plus intéressante de la voiture est sans contredit le châssis calculé par M. Dubois, Ingénieur et M. Pouchucq, Inspecteur principal, comme une poutre uniformément chargée et reposant sur deux appuis qu'elle déborde. La courbe des moments fléchissants ayant été déterminée, la rigidité des trois parties de la poutre est assurée au moyen de tirants judicieusement disposés, le point d'attache des tirants n'étant plus au droit de l'axe des bogies mais bien aux points où le moment fléchissant est nul; chacun des brancards de châssis est formé de deux fers [dos à dos entretoisés par des pièces en acier moulé, attaches de tirants, poinçons, etc. Cette construction est fort élégante ; on a ainsi des voitures d'une rigidité parfaite et qui en service n'ont éprouvé aucune déformation.

Voiture de deuxième classe à fourgon.

Destiné au service de la banlieue, ce type comporte trente-cinq places assises seulement, mais la disposition du couloir et des entrées permet de transporter quatre-vingt-sept personnes assises ou debout. Le compartiment des bagages avait été aménagé de façon à recevoir des voyageurs les jours d'affluence, ce qui portait le nombre total de places à cent trente. Malheureusement un arrêté tout récent du Ministère interdit l'accès des fourgons aux voyageurs, ce type perd de ce fait beaucoup de son intérêt.

La disposition générale intérieure rappelle les voitures à couloir central de la ligne de Versailles, mais avec division en trois compartiments, dont un forme le fourgon. Ces voitures sont très larges. Les portes, en retrait, pour laisser un emmarchement convenable, sont à deux vantaux, l'un donnant dans le grand compartiment et l'autre dans le petit; le compartiment-fourgon possède, en outre, deux portes spéciales pour le chargement des bagages.

Les faces sont recouvertes extérieurement de frises de teack et intérieurement de frises de sapin, les sièges sont garnis de loreid clair. La partie supérieure des faces est vitrée sur toute la longueur de la voiture avec un châssis mobile à la partie supérieure de chaque baie. Seules les portes ont des châssis de glace mobiles de toute la hauteur.

Voitures de première classe à couchettes.

La Compagnie des Chemins de fer de l'Est a exposé à Liège une voiture à couchettes d'un modèle nouveau étudié et construit par le service de M. Salomon, Ingénieur en chef, notre ancien Président.

C'est une voiture à six compartiments et à intercommunication. Deux compartiments sont des premières classes *modernisées* par l'addition de tablettes et de garnitures en lincrusta, les quatre autres compartiments sont à couchettes supérieures. Les deux compartiments de première classe sont, du reste, étudiés de façon à pouvoir être aménagés en compartiments à couchettes si cela devient nécessaire.

La partie supérieure des cloisons, au-dessus des dossiers, se rabat et forme couchette, on a très heureusement utilisé les tringles de sécurité placées devant les fenêtres pour fixer les arrêts des lits, et la partie libre au-dessus du plafond du couloir comme soupente pour les bagages.

Ces voitures sont très confortables et plairont aux voyageurs ayant de grands parcours à effectuer.

Transformation des anciennes voitures par allongement.

La Compagnie des Chemins de fer de l'Est a transformé dix voitures de première classe à quatre compartiments et dix voitures de deuxième à cinq compartiments *(fig. 3, Pl. 117)*.

Les voitures relativement neuves ont été coupées en deux et un water-closet ajouté au milieu; en même temps les compartiments étaient modifiés par l'addition d'un couloir partiel.

Ces caisses transformées sont montées sur des châssis neufs, les anciens ont été utilisés pour la construction de fourgons à bagages.

Nos Collègues, MM. Biard et Flaman, ont collaboré à ces améliorations.

La Compagnie de l'Ouest avait un lot de cent quarante-quatre voitures à cinq compartiments, d'un modèle assez récent, cependant la transformation en fut décidée des deux façons suivantes :

1° On a écarté de 120 mm les deux faces de quelques voitures, on a regagné cette largeur dans le fond de caisse au moyen d'un faux brancard appliqué sur un des côtés, et pour la toiture

par deux faux battants de pavillon profilés, puis à l'une des extrémités de la voiture on a ajouté un cabinet de toilette et à l'autre un coupé de deuxième classe et une place isolée comme cela existe déjà sur le P.-L.-M., où cette place, dite du philosophe, est très recherchée par les voyageurs qui aiment la tranquillité. Enfin on a aménagé un couloir latéral sur toute la longueur et mis des soufflets d'intercommunication.

Les châssis en fer ont été coupés par le milieu, allongés et armés *(fig. 1 et 2, Pl. 117)*.

2° Le même type de voiture de deuxième classe est coupé après le deuxième compartiment ; entre ces deux parties on ajoute un compartiment entier et un cabinet de toilette, après avoir élargi et rehaussé la voiture comme dans le cas précédent. Le couloir est partiel. Le châssis a été coupé par le milieu et aussi allongé *(fig. 6, Pl. 117)*.

Ces deux solutions sont très élégantes en ce sens quelles utilisent toutes les parties des anciennes voitures, il n'y a pas de résidu après la transformation.

A titre d'essai, une voiture de première classe à quatre compartiments à couloir partiel a été séparée en deux par le milieu, on lui a ajouté deux coupés et un cabinet après l'avoir surélevée. Le châssis de 13,300 m est neuf et monté sur trois essieux.

Cette voiture est intéressante par les dispositions particulières des deux coupés qui se font vis-à-vis et sont séparés par une large porte à coulisses, ce qui permet la transformation des deux coupés en un salon de famille.

Chaque coupé est à deux couchettes, l'une formée par la banquette, l'autre par le dossier qui se relève et se retourne, le sommier de la couchette étant indépendant, comme ressorts, du sommier de dossier, le couchage est très bon. Les accoudoirs extrêmes sont mobiles et forment oreillers pupitres.

Dans chaque coupé il y a une toilette de paquebot, ces appareils ayant le grand avantage de tenir peu de place.

Il y a en outre un cabinet de toilette water-closet commun pour toute la voiture.

Afin d'utiliser les anciennes caisses de première classe à trois compartiments de l'Ouest, on leur a ajouté trois compartiments de deuxième classe et deux cabinets avec couloirs latéraux symétriques. On a ainsi des voitures mixtes d'ensemble très satisfaisant, elles sont montées sur châssis neufs de 13,300 m *(fig. 4 et 5, Pl. 117)*.

Transformation par jumelage.

La Compagnie de l'Ouest a été la première à étudier et à appliquer le jumelage pour l'utilisation et la modernisation des anciennes voitures devenues impropres au service des grandes lignes. Ces solutions élégantes et très économiques sont dues à l'initiative de M. Huillier, Ingénieur principal du matériel.

En prenant deux caisses de première classe à trois compartiments, en les mettant sur un même châssis de 13,300 m, et en les réunissant, on a ce que l'on appelle des voitures jumelées. Les caisses sont d'abord élargies et surélevées et dans l'espace libre entre les deux dossiers on a placé le cabinet de toilette desservi par leur couloir latéral.

Cette transformation se fait comme la précédente sur le type de châssis neuf de 13,300 m de longueur avec 8,500 m d'écartement d'essieux, les anciens châssis ont pu être utilisés pour la construction de wagons à messageries.

Si l'on réunit deux compartiments à une extrémité de la voiture on peut avoir un salon de quatre places avec table et fauteuils. Le salon est fermé par une porte à l'extrémité du couloir et est ainsi tout à fait indépendant des autres compartiments.

Jumelage des bureaux ambulants.

Le service postal s'est trouvé comme les Compagnies dans la nécessité de transformer ses anciens bureaux de 6,800 m en 14 m de façon à donner plus de facilité pour le service et permettre l'intercalation dans les trains rapides composés partout maintenant de longues voitures. M. Tongas, Ingénieur-directeur a décidé de procéder par jumelage, l'essai a été fait sur le réseau d'Orléans et a donné de bons résultats. Deux caisses de petits bureaux de 6,800 m ont été placées sur un châssis de 14 m et entre les deux dossiers on a disposé un cabinet de toilette, le réservoir étant dans la partie ajoutée du lanterneau.

Il est question d'étendre progressivement cette transformation à une partie des anciens bureaux ambulants.

Voiture de l'Assistance publique.

L'Administration de l'Assistance publique a mis en service sur la ligne de Paris à Hendaye une voiture pour le transport des enfants, cette voiture comporte quelques particularités intéressantes. Elle a été étudiée par M. Desbroches des Loges, Ingénieur technique sur les instructions de M. Mesureur. La caisse a 14,875 m de long et 2,950 m de large, elle est surmontée d'un lanterneau qui sert à la ventilation et à l'éclairage. Le châssis et toutes les pièces de traction, d'attelage et de frein sont du type Orléans *(fig. 7, Pl. 117).*

La voiture est divisée dans sa longueur en trois parties. A une extrémité la cuisine avec le thermosiphon et le compartiment d'administration, à l'autre le compartiment des infirmières et le cabinet de toilette water-closet. Entre les deux et fermé par des parties vitrées le compartiment des enfants formant quatorze sections de quatre places avec couloir central. Il n'y a qu'une portière sur chaque face.

Le compartiment d'*administration* comprend quatre places assises et une couchette supérieure à rabattement, il est garni en velours rouge. Les deux glaces des baies de custodes sont fixes, celle du milieu est mobile, ces glaces ont 8 mm d'épaisseur et pas de cadres, le tirant de la glace mobile est fixé au moyen d'une attache spéciale.

Les coussins et dossiers sont amovibles, on peut transformer les quatre places assises en deux couchettes, ce qui fait trois places de nuit. Le compartiment des infirmières est à peu près pareil. La partie réservée aux enfants a 10,915 m de long sans portes sur les faces pour éviter les accidents possibles. Les fenêtres sont très basses puisque l'on a pour voyageurs des enfants de trois à quinze ans, la majorité n'ayant pas dix ans.

Chacune des quatorze sections du compartiment des enfants se compose de quatre places assises et d'une couchette placée à 1,300 m au-dessus du plancher *(fig. 10, Pl. 117);* les sièges étant bas on peut facilement s'asseoir sous la couchette rabattue. Les longueurs des sections varient : 1,400, 1,525 et 1,650 m ; on y répartit les enfants suivant leur taille. Les sièges et les dossiers sont amovibles. Les cloisons de séparation sont munies de faux dossiers B avec charnières à la partie inférieure, ces faux dossiers en se rabattant forment les lits, les coussins de siège A et

de dossiers C servent de matelas. On peut donc dans chaque section coucher deux enfants en bas et un en haut (il n'y a que trois enfants par section de quatre places afin de leur laisser un peu d'aisance). Une table à charnières G est placée devant la fenêtre et se relève la nuit formant en quelque sorte volet.

Les coussins et dossiers sont formés de ressorts Rousseau avec plaques en feutre recouverts de loreid sans piqûres de façon à en permettre la désinfection. Les matelas des couchettes sont formés de deux toiles fortes entre lesquelles sont guindés des ressorts de sièges, le tout enveloppé de feutre et recouvert de loreid, on obtient ainsi des matelas très élastiques et remarquablement légers.

L'éclairage est fourni la nuit par neuf lampes à pétrole type PO.

Le chauffage étudié et construit par MM. Boulay et Renaud peut se faire soit par la vapeur de la locomotive, soit par thermosiphon. Il se compose de deux séries de tuyaux en cuivre placés le long des faces de la voiture, on peut isoler une des circulations quand le froid n'est pas rigoureux.

Les appareils de sécurité sont du type PO combinés avec ceux des autres Compagnies afin de permettre la circulation de cette voiture sur l'un quelconque des grands réseaux.

CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHEMINS DE FER

tenu à Washington, en 1905.

COMPTE RENDU

PAR

M. Ernest PONTZEN

Messieurs,

Un Collègue, auquel la seconde partie de la séance d'aujourd'hui avait été réservée, pour une communication très intéressante, a fait savoir au Bureau, il y a peu de jours, qu'une indisposition l'empêchait de prendre la parole.

Pour ne pas limiter à une seule communication notre ordre du jour, M. le Président m'a demandé de vous entretenir ce soir de la VII[e] Session du Congrès international des Chemins de fer, qui a été tenue à Washington, et à laquelle j'ai assisté.

J'ai cru devoir commencer par ces explications pour m'assurer votre bienveillante indulgence.

Ce que c'est qu'un Congrès international des Chemins de fer, vous le savez :

Lors de la célébration du cinquantième anniversaire des Chemins de fer belges, une Association permanente, ayant son siège à Bruxelles, s'est fondée pour favoriser les progrès des chemins de fer.

L'Association, représentée par une Commission permanente, se compose d'Administrations de chemins de fer et des Gouvernements adhérents à l'Association ; ils se font représenter aux Sessions par des délégués.

La Commission permanente est formée des anciens Présidents des Sessions, et de quarante-huit membres élus, choisis dans les différentes nationalités ; elle organise les Sessions, désigne les questions à traiter et en prépare l'étude.

A l'ouverture de chaque Session, le Bureau de la Commission permanente remplit les fonctions de bureau provisoire, et le Congrès procède à l'élection du Bureau de la Session.

Depuis la fondation de ces Congrès, il y a eu sept Sessions :

La 1re en 1885, à Bruxelles;
2e en 1887, à Milan;
3e en 1889, à Paris;
4e en 1892, à Saint-Pétersbourg;
5e en 1895, à Londres;
6e en 1900, à Paris;
7e en 1905, à Washington.

Les questions soumises aux délibérations et à l'étude des Congrès sont réparties entre cinq sections :

1re section : Voies et travaux;
2e — : Traction et matériel;
3e — : Exploitation;
4e — : Questions d'ordre général;
5e — : Chemins de fer économiques.

Les questions soumises à l'étude de chaque Section étaient au nombre de quatre. Des rapports, préparés par des spécialistes, ont servi de points de départ aux discussions.

Certaines questions ont donné lieu à plusieurs rapports, mais il y eut aussi des questions au sujet desquelles les rapports furent rédigés en collaboration par plusieurs rapporteurs. C'est ainsi que le nombre des rapporteurs, pour les vingt questions, a été de cinquante.

Chaque Section était présidée par un Président et un Vice-Président, assistés de deux Secrétaires principaux, dont l'un était Américain; de plus, on avait adjoint aux cinq Sections vingt-quatre Secrétaires, dont douze étaient Américains.

Deux Présidents et un Vice-Président, deux Secrétaires principaux et quatre Secrétaires étaient Français, ce qui vous montre qu'une belle part était faite à la France, parmi les trente-cinq pays qui ont pris part au Congrès.

Le Président de la première Section, M. Krutschnitt, qui est Américain, a été obligé, peu après l'ouverture du Congrès, de quitter Washington, de sorte que le Vice-Président — c'est-à-dire moi — se trouvait appelé à présider la première Section. MM. Sauvage et Heurteaux étant Présidents des IIe et IVe Sections, trois Sections sur cinq étaient de fait présidées par des Français. M. Hodgson, un Anglais, et M. de Leber, un Autrichien, présidaient les IIIe et Ve Sections.

Quand je vous aurai encore dit que, parmi les cinquante rap-

porteurs, onze étaient Français, vous reconnaîtrez que nos compatriotes étaient en grand nombre à la peine, mais que nous étions, par contre, très bien partagés dans les honneurs.

Je ne connais pas le nombre exact des délégués des Chemins de fer et des Gouvernements qui ont assisté au Congrès, mais il y en avait bien, en dehors des délégués américains, plus de 400.

Il ne me paraît pas possible de vous citer les noms des hommes marquants de tous pays, venus pour suivre le Congrès, mais je tiens à mentionner le fait, que M. Maruéjouls, notre ancien Ministre des Travaux publics, qui avait par ses décisions assuré la large part prise par la France au Congrès de Wasnington, avait accepté de se rendre comme délégué du Gouvernement à Washington, et de rehausser par sa présence le prestige de la représentation de la France.

Je considère le fait d'avoir été au nombre des délégués désignés par notre Gouvernement comme un grand honneur, auquel je suis d'autant plus sensible que j'y vois une satisfaction donnée aux Ingénieurs Civils, c'est-à-dire à notre Société.

Un membre belge du Comité exécutif du Congrès est toujours appelé à présider l'ouverture du Congrès, et c'est également un Belge qui remplit les fonctions difficiles et délicates de Secrétaire général. Dans le récent Congrès, ce furent MM. Ernest Gérard et Louis Weissenbruch qui ont rempli ces fonctions d'une façon remarquable.

Le concours prêté par M. William F. Allen, Secrétaire de l'Association américaine des Chemins de fer, a puissamment contribué au succès de la VIIe Session.

La présidence effective du Congrès est toujours donnée à une personnalité importante du pays dans lequel la Session a lieu. Dans cet ordre d'idées, c'est M. Stuyvensant Fish, Président de l'Illinois Central Rail Road, qui présidait à Washington.

La Session a été ouverte le 3 mai, et les cinq Sections ont travaillé avec assiduité jusqu'au 13 mai, jour de la clôture. Vous comprendrez donc que je ne puis vouloir, ni vous retracer les longues discussions qui ont eu lieu dans les Sections, ni même vous lire *in extenso* toutes les conclusions adoptées en réunion plénière. Je ne ferai que résumer ce qui s'est fait à la VIIe Session.

Le discours prononcé par M. Stuyvensant Fish, lors de l'ouverture, mériterait de vous être lu en entier; il vous initierait au fait caractéristique des Chemins de fer américains, c'est la rapidité

de leur développement. Je ne puis pourtant ne vous en donner qu'un court extrait, mais je n'hésite pas à le hérisser de chiffres :

En 1830, il n'y avait aux États-Unis qu'une seule ville de plus de 100 000 habitants, et 22 centres ayant plus de 10 000 habitants.

En 1905, il y a 39 villes de plus de 100 000 habitants, et parmi ces villes, trois ont déjà plus ou moins dépassé le million. Quant aux villes de plus de 10 000 habitants, elles sont au nombre de 400.

Les 330 414 km qui constituaient, en 1903, le réseau des Chemins de fer américains, ont en moyenne coûté 196 313 f par kilomètre, tandis que, par exemple, les Chemins de fer de la Grande-Bretagne coûtent, en moyenne, 862 087 f par kilomètre.

Le chiffre relativement modeste du capital investi, en moyenne par kilomètre de Chemin de fer américain, s'explique par le fait qu'en Amérique les lignes à deux, trois ou quatre voies, fréquentes en Angleterre, sont encore rares, et qu'on n'hésite pas, aux États-Unis, — surtout pour les nouvelles lignes — à placer la plate-forme du Chemin de fer au même niveau que les routes qu'il croise ; de plus, le trafic en marchandises, qui exige à égalité de recette une mise de fonds moins considérable que celui des voyageurs, joue aux États-Unis un rôle bien plus important que sur la plupart des lignes européennes. Sur les lignes de l'est des États-Unis, les recettes brutes du trafic en marchandises ne constituent, comme sur certains réseaux anglais, que 54 0/0 des recettes brutes totales, mais l'importance du trafic en marchandises est bien plus grande sur les lignes très étendues à l'ouest des monts Alleghany, où les recettes des marchandises forment les 70 0/0 de la recette totale.

Pour montrer l'importance croissante des transports effectués par voies de fer sur ceux qui restent fidèles aux voies d'eau, M. Stuyvensant Fish cite, entre autres, les tonnages sur les voies navigables de l'État de New-York, et ceux sur les chemins de fer qui leur font concurrence :

Les canaux détenaient encore :

En 1860,	65 0/0	du trafic total de	7 155 800 t
1870,	35 0/0	—	17 488 469
1880,	21 0/0	—	29 943 633
1890,	9,3 0/0	—	56 327 660
1900,	4,1 0/0	—	84 942 988
1903,	3,9 0/0	—	93 248 299

Malgré l'augmentation du trafic total, qui en 1903 est près de treize fois plus grand qu'en 1860, le total du trafic resté aux canaux n'est plus, en 1903, qu'environ 3/4 de celui de 1860 (77,75 pour cent).

Ces chiffres méritaient bien de vous être cités; M. Stuyvensant Fish les donnait pour montrer le triomphe des chemins de fer sur les voies navigables.

Mais, laissez-moi vous dire en passant qu'on est en train d'élaborer une modification radicale des canaux de l'État de New-York.

L'extension prise par les lignes de chemins de fer dans le courant d'un quart de siècle est énorme :

Lorsque, après des voyages faits aux États-Unis, j'ai publié, en collaboration avec mon regretté ami Lavoinne, une étude sur les Chemins de fer en Amérique, ceux-ci présentaient (en 1878) une longueur de 131 746 km. En 1903, donc un quart de siècle après, le réseau était de 330 414 km, ce qui représente une augmentation dans le rapport de 1 à 2 1/2.

Dans le courant de l'année 1903, les transports effectués par les chemins de fer des États-Unis ont été, comme nous l'apprend le discours de M. Stuyvensant Fish, de 33 660 178 043 voyageurs à 1 km, et de 278 769 640 928 t de marchandises à 1 km. Quatorze années (1889 à 1903) avaient suffi pour majorer le trafic des marchandises dans le rapport de 1 à 2 1/2.

Je passe aux travaux des sections, en résumant les conclusions votées en assemblée plénière par le Congrès :

Vous savez que pour obtenir l'assentiment d'une assemblée, comme celle d'un Congrès, les conclusions doivent souvent être assez vagues !

I. Traverses en bois. — L'imprégnation des traverses est recommandée et de préférence celle à la créosote. Les bois durs et les bois tendres paraissent admissibles; il est insisté sur les soins à apporter à la réception et à la mise en dépôt des traverses.

La récouverture des traverses par le ballast ne paraît indiquée que dans les pays chauds.

Un bon drainage et l'emploi de bon ballast sont recommandés en vue de la durée des traverses.

L'assemblage invariable des rails avec les traverses est d'une grande importance et le crampon généralement employé aux

États-Unis remplit moins bien cette condition que le tire-fonds répandu en Europe.

Pour pouvoir bien suivre les essais faits avec des traverses en bois, il est indiqué de les marquer au moyen de clous.

II. Rails des voies des trains rapides. — Des soins sont indiqués tant dans l'établissement de la plate-forme que dans le mode d'éclissage.

Avec l'augmentation du poids des rails les frais d'entretien diminuent et les vitesses peuvent augmenter ; mais avec un bon matériel roulant, avec des locomotives bien équilibrées et si la voie est bien entretenue, il y a moins d'intérêt à augmenter le poids des rails.

L'élargissement du champignon des rails et un bon éclissage sont indiqués.

Pour les essais du métal il faut profiter de tous les nouveaux moyens d'investigation.

Aux États-Unis l'acier au nickel est déjà employé pour les rails des voies très fatiguées.

Les joints soudés ne paraissent pas recommandables.

Le cheminement des rails peut être combattu avec succès.

III. Croisements perfectionnés. — Les croisements à ressort et ceux à pivot sont admissibles lorsque la circulation sur les voies accessoires est faible, même si des essieux de locomotives sont chargés de 25 et ceux des wagons de 18 t.

Les croisements fixes sont préférables à ceux à pattes de lièvre mobiles, mais ces dernières peuvent être admises.

IV. Béton armé. — Le grand intérêt que présentait la discussion au sujet de ce nouveau mode de construction, dans l'application duquel la France a marché en tête, me paraît justifier que je m'y arrête un peu, d'autant plus que c'est un Français, M. Monier, qui en a eu la première idée, et que ce sont de savants ingénieurs français qui par leurs calculs ont le plus puissamment contribué à assurer l'application des systèmes d'exécution perfectionnés dans des travaux publics très importants.

La consécration donnée à la généralisation du béton armé par le Congrès de Washington peut donc être saluée avec satisfaction et je crois devoir vous donner *in extenso* les conclusions très nettes de la première section, votées en Assemblée plénière; elles sont :

1° Le béton armé a reçu dans les chemins de fer des applications multiples et importantes, au double point de vue technique et économique. Il peut parfaitement soutenir avec succès la concurrence avec la maçonnerie et les constructions en bois ou en fer.

2° Les épreuves des constructions en béton armé, les recherches théoriques auxquelles la question a été soumise et les indications de la pratique permettent de conclure que les constructions de l'espèce ne doivent inspirer aucune appréhension, et que leur application est recommandée aux Administrations de chemins de fer.

3° La pratique des chemins de fer démontre que les constructions en béton armé, soigneusement établies, font un excellent service et ne demandent presque pas d'entretien.

Pour ces raisons l'emploi du béton armé doit être recommandé, même lorsque, par exception, la dépense de premier établissement est plus élevée que pour un autre système de construction.

4° Les constructions en béton armé sont surtout d'un grand secours dans les pays où les matériaux de grande dimension, pierre ou fer, sont difficiles à se procurer.

5° Le béton armé permet d'exécuter les travaux rapidement, au moyen de matériaux de vente courante, en évitant ainsi la nécessité, onéreuse en pratique, de recourir à des commandes spéciales aux usines.

Pour être fidèle dans mon compte rendu sur la question du béton armé, j'ajouterai que si les noms des constructeurs, qui ont le plus contribué à perfectionner les modes d'exécution du béton armé, n'ont pas été cités dans les conclusions, ce n'a été que pour ne pas susciter, par l'omission de tel ou tel nom, des protestations ou des jalousies.

V. Machines a grande puissance. — La puissance des locomotives est plus limitée en Europe qu'en Amérique, à cause du poids moindre admis par essieu.

Les machines compound sont plus appréciées en Europe qu'en Amérique.

L'introduction de locomotives américaines en Europe et de locomotives européennes en Amérique a fait connaître de part et d'autre les avantages respectifs.

En Amérique et en Allemagne la vapeur surchauffée se répand avantageusement.

VI. Équipe double et multiple. — L'équipe simple est en faveur dans tous les pays, sauf les États-Unis, où, surtout pour le service de marchandises, l'équipe banale est souvent pratiquée.

VII. Attelage automatique. — La question des attelages automatiques mérite, à un autre point de vue que celle du béton armé, que je m'y arrête un moment.

En Amérique elle ne se pose plus, car l'accouplement automatique y est universellement employé, dans des conditions définies d'une façon précise par la législation et par les règles de la « Master Car Builders Association ». Il ne reste à résoudre que des questions de détail, telle que celle du passage par des courbes très raides.

Chez nous, en Europe, il n'en est pas de même; tout reste à faire, et la solution technique se complique par le caractère international que prend la question.

Vous savez tous qu'une solution du problème qui paraît répondre aux conditions essentielles d'un attelage automatique, pouvant être progressivement substitué à l'attelage actuel qui nécessite l'intervention d'agents, a été essayée avec succès par le chemin de fer de l'État français et que l'Administration pousse à des essais en grand.

Les termes des conclusions adoptées par le Congrès revètent dans ces conditions un intérêt tout particulier pour nos chemins de fer et en général pour les chemins de fer européens.

Voici le texte, qui après une longue discussion en deuxième section, a été adopté en séance plénière.

Le Congrès constate l'application complètement réalisée des accouplements automatiques aux États-Unis, au Canada et au Mexique; toutefois, des perfectionnements de détail ont dû être successivement apportés jusqu'à ces derniers temps aux premiers types de ces accouplements mis en service.

On remarque, par contre, que l'accouplement automatique des tuyaux de freins commence seulement à être essayé.

Dans les autres pays, divers systèmes d'accouplements automatiques, soit du type américain, soit d'autres types, ont été l'objet d'essais.

La nécessité de concilier l'accouplement nouveau avec les appareils existants entraîne de grandes difficultés. En faveur du type américain, plusieurs Ingénieurs font valoir la grande résistance, convenant notamment pour les wagons de grande capa-

cité ; mais d'autres Ingénieurs préféreraient les systèmes dont l'application au matériel existant serait plus facile et réduirait la durée de la période de transition.

Les représentants anglais estiment que le système actuellement employé en Grande-Bretagne et en Irlande donne satisfaction, tant en ce qui concerne la rapidité du service que la sécurité du personnel.

VIII. Traction électrique. — La traction électrique est un auxiliaire utile de la traction à vapeur, capable d'assurer certaine portion du trafic des chemins de fer avec avantage et économie.

Au point de vue de l'économie il faut tenir compte du capital engagé, de la fréquence et du poids des trains et des augmentations des recettes pouvant résulter d'améliorations du service.

Le troisième rail peut être employé avec sécurité sans qu'il y ait lieu de le recouvrir.

IX. Éclairage et Chauffage. — Pour l'éclairage, l'emploi des manchons se généralise ; celui de l'électricité est surtout apprécié pour des éclairages intermittents.

Le chauffage à la vapeur se développe dans les diverses contrées.

X. Block-système automatique. — Le block-système automatique a été reconnu bien remplir son but dans beaucoup de cas.

XI. Bagages et colis de détail. — Les dispositions adoptées actuellement par les différents pays répondent pour le mieux à leurs divers besoins.

XII. Trafic Suburbain. — Le type de voiture est le facteur essentiel. — Les locomotives doivent être assez puissantes pour remorquer les plus grands trains aux vitesses prévues. — Les trains doivent marcher à la même vitesse et s'arrêter aux mêmes stations sur la même voie; sur les lignes à grand trafic, des voies spéciales aux trains marchant à grande vitesse et ne s'arrêtant pas à toutes les stations sont indiquées.

Il y a lieu d'éviter le stationnement prolongé des voyageurs, en multipliant les départs.

XIII. Tarification des marchandises a petite vitesse. — La tarification doit avoir toute la souplesse nécessaire, sans préférences arbitraires.

XIV. Comptabilité. — La centralisation de la comptabilité a donné de bons résultats. La simplification de la classification des titres du bilan s'impose.

XV. Durée et Réglementation du Travail. — La rigidité de la loi est impuissante à tenir compte des variétés des conditions.

Sous le contrôle des autorités les Administrations doivent conserver de grandes latitudes.

XVI. Institutions de Prévoyance. — Dans tous les pays on a déjà créé des institutions de prévoyance et on cherche partout à les améliorer.

XVII. Influence des Chemins de fer économiques sur les artères principales. — Le concours bienveillant des lignes principales est recommandé, car les lignes économiques constituent d'utiles auxiliaires.

XVIII. Concours financier par l'Etat et par les localités intéressées. — Il convient de ne pas s'en tenir aux anciens types et usages et d'accorder des subventions et des dégrèvements pour favoriser l'établissement de Chemins de fer économiques.

XIX. Organisation de services économiques sur les Chemins de fer a faible trafic. — Il est recommandé d'admettre une grande liberté en fait de construction et d'exploitation des Chemins de fer économiques.

Il est reconnu que la solution technique des automotrices est susceptible de perfectionnements et que les expériences avec ce mode de traction méritent d'être continuées.

XX. Service par Automobiles. — L'emploi des automobiles et des automotrices sur les lignes à faible trafic et sur les lignes à circulation active a pris de l'extension et constitue un mode d'exploitation très précieux, appelé à un grand avenir.

Il importe de faciliter l'extension de ce mode d'exploitation.

Je suis persuadé que suivant les spécialités présentant plus ou moins d'intérêt pour l'un ou l'autre de mes auditeurs, on me reprochera d'avoir trop ou pas assez développé chacune des conclusions.

Mais je crains d'avoir déjà trop abusé de votre attention et ne voudrais cependant pas me borner à ces résumés et vous laisser sous la fausse impression que les discussions en sections constituaient le seul attrait du Congrès de Washington.

Une Exposition spéciale et très complète du matériel fixe et du matériel roulant des Chemins de fer américains avait été organisée. Elle présentait un grand intérêt et permettait l'étude approfondie de tous genres de signaux, d'appareils de voie, de matériel roulant, etc.

La présence de tant d'étrangers était pour les États-Unis une occasion de montrer combien la réputation de l'hospitalité américaine était fondée.

Après avoir été reçus, en l'absence du Président de la République, par le Vice-Président, M. Fairbanks, à la Maison-Blanche, les membres du Congrès ont eu l'honneur d'être invités par Mme Roosevelt à une Garden-party, et comme la veille du jour fixé pour cette réception le Président, M. Roosevelt, était rentré à Washington, nous avons tous eu l'honneur d'échanger des poignées de mains avec le chef de la grande République.

La liste des banquets et réceptions auxquels les congressistes étaient invités par l'Association des Chemins de fer Américains et par les sommités du monde des chemins de fer est trop longue pour être donnée, mais il ne m'est pas possible de passer sous silence l'accueil gracieux et hospitalier fait à tous les compatriotes par l'ambassadeur de France et Mme Jusserand. — En franchissant le seuil de l'ambassade on se sentait bien en France, et comme il n'y avait pas l'Océan à traverser, on est souvent revenu dans notre chère patrie qui nous fit toujours bon accueil.

Vous savez que lors de chaque Congrès des chemins de fer ses membres jouissent pendant un certain temps du libre parcours sur les chemins de fer. — Plus de 300 000 km de lignes nous étaient donc ouvertes aux États-Unis.

Pour nous guider dans le choix des excursions et voyages, le Comité d'organisation avait fait des programmes variés. Il avait en particulier organisé deux tournées après la clôture du Congrès. L'une embrassait un parcours d'environ 2 400 km, l'autre d'environ 4 000 km. — Plusieurs trains entièrement composés de wagons-lits et de wagons-restaurants luxueux étaient gracieusement mis à la disposition des Congressistes, qui furent partout reçus de la façon la plus splendide par les autorités, par les grands industriels et par des Comités de réception formés dans les diverses villes.

Philadelphie, Pittsburg, St-Louis, Chicago, Niagara-Falls, Buffalo, Boston, Quebec et bien d'autres villes, rivalisaient en amabilité.

Quelque court qu'ait été le séjour aux États-Unis de la majeure partie des Congressistes, il a néanmoins suffi pour leur faire reconnaître que dans la construction et dans l'exploitation des chemins de fer deux méthodes distinctes existent : celle du vieux monde et celle qui répond aux circonstances particulières des États-Unis.

La méthode américaine est à la fois la condition et la conséquence du développement rapide des chemins de fer aux États-Unis, et celui-ci se trouve lui-même lié de la même façon au progrès prodigieux de l'industrie et du commerce de ce grand pays.

Dans tous les Congrès antérieurs on a pu constater que le contact et l'échange de vues entre hommes du métier, venus de toutes les parties du monde, constituaient l'un des plus grands avantages de ce genre de réunions. Jamais on n'a pu mieux se pénétrer de cette utilité qu'au Congrès de Washington.

Avec cette franchise qui caractérise les Américains, nous leur avons entendu dire qu'ils reconnaissent pouvoir beaucoup apprendre de nous, mais qu'ils se rendaient bien compte que nous, de nôtre côté, avions aussi pas mal à apprendre d'eux.

Mais gardons-nous bien de vouloir implanter chez nous, en les copiant sans discernement, les constructions, les dispositions, les installations ou les règlements qui donnent satisfaction aux États-Unis. — Ce n'est qu'en les appropriant aux conditions de nos chemins de fer, qui diffèrent sous maints rapports des leurs, que nous pourrons, et même pas toujours, tirer profit de ce que nous avons vu réussir en Amérique.

Je me suis laissé entraîner et vous ai retenus plus longtemps que je n'aurais dû, en vous parlant, non seulement du Congrès, mais aussi du pays.

J'espère que d'autres Collègues, que le Congrès avait amenés à faire un tour aux États-Unis, viendront vous parler de ce qu'ils ont vu et je serais heureux si ma causerie pouvait avoir donné lieu à des communications intéressantes futures.

CHRONIQUE

N° 309

Sommaire. — Nouveaux funiculaires aériens. — Grosses locomotives pour chemins de fer à voie étroite. — Le canal de Suez. — Production du soufre en Louisiane.

Nouveaux funiculaires aériens. — On construit actuellement, pour l'ascension du Wetterhorn, en Suisse, un ascenseur funiculaire du système dû à M. Feldmann, constructeur du chemin de fer suspendu bien connu Barmen-Elberfeld-Vohwinkel, ascenseur sur lequel nous donnerons les détails suivants d'après le *Bulletin technique de la Suisse Romande*.

L'ascenseur funiculaire aérien du système Feldmann est constitué par deux paires de câbles formant les deux voies dont l'écartement est de 8 m. Comme dans les chemins de fer funiculaires, le mouvement des véhicules est obtenu au moyen de câbles tracteurs; la voiture descendante tire la voiture montante; les véhicules, au lieu de rouler sur des rails rigides, sont suspendus à deux câbles tendus librement sur toute leur longueur. Ces deux câbles, ou câbles de roulement, se trouvent l'un au-dessus de l'autre dans le même plan vertical, de sorte que la voiture est toujours soutenue d'une manière efficace, même dans le cas peu probable de rupture d'un câble. Les deux câbles porteurs sont ancrés séparément à leur partie supérieure et tendus solidairement au moyen d'un contrepoids articulé à leur extrémité inférieure. Cette disposition rend la tension des câbles indépendante de la valeur et de la position de la charge roulante. Les variations du poids et de la position de la voiture n'entraînent que des variations dans la courbure des câbles et, par conséquent, dans la position du contrepoids. Or l'effort constant auquel les câbles sont soumis à leur extrémité supérieure n'est que la dixième partie de la résistance effective du câble; c'est pourquoi on peut affirmer que tout danger de rupture est écarté.

Voici, de plus, comment on arrive, au moyen du contrepoids, à répartir uniformément la charge sur les deux cordes. Celles-ci sont amarrées au poids tendeur au moyen d'un levier à bras égaux. Dès qu'un allongement se produit dans un câble, le levier se place obliquement et, instantanément, la corde allongée se trouve soulagée, tandis que l'autre est tendue par un poids supérieur. Il est vrai qu'en ce moment la tension du câble à l'ancrage peut subir une modification, mais cette variation ne dépassera pas les limites permises et ne se produira qu'exceptionnellement. Si nous ajoutons que les câbles sont embrassés par des pièces faisant partie intégrante de la voiture, on comprendra que les déraillements sont rendus impossibles et que la substitution d'un câble à la voie de fer ordinaire comporte la plus grande sécurité avec, en plus, un mouvement très doux et très agréable des voitures.

Les câbles de construction dite « fermée » sont ceux qui, en raison de leur rigidité et de leur pourtour lisse, se prêtent le mieux à l'emploi comme câbles de roulement. Au Wetterhorn, ce sont des câbles d'acier

de 44 mm de diamètre. Une couple de câbles a une résistance totale de 330 t et l'effort maximum auquel il est soumis n'est que de 30.

La même sécurité peut être obtenue pour les câbles de traction, car l'absence de galets le long de la voie permet d'introduire des câbles doubles et, grâce à un levier coudé, les allongements sont corrigés automatiquement. Les pinces de freinage qui embrassent les câbles de roulement sont disposées de telle manière qu'elles fonctionnent déjà lorsqu'un seul des câbles tracteurs vient à se rompre, c'est-à-dire en un moment où la voiture est encore efficacement soutenue par le second câble, au moyen duquel elle finira sa course après les vérifications nécessaires.

La position des stations d'ascenseurs doit naturellement être choisie sur des points très saillants et il en résulte que la vue est généralement belle. Dans la station supérieure se trouvent le mécanisme moteur et l'ancrage des câbles ; dans la station du bas les contrepoids. La disposition de la station motrice est analogue à celle des chemins de fer funiculaires usuels.

La durée d'une course étant très courte et, par suite, les départs très rapprochés il est possible d'obtenir une grande capacité de trafic avec une voiture de petites dimensions. Les véhicules des ascenseurs du Wetterhorn contiendront chacun vingt personnes. La suspension de la caisse au dispositif de roulement est telle que la position de la voiture reste constamment verticale, quelle que soit l'inclinaison des câbles.

Les salles d'attente ne sont mises en communication avec la voiture que lorsque celle-ci est arrêtée à l'endroit convenable. A l'avant de la voiture se trouve une plate-forme munie d'une passerelle qui se rabat pour l'embarquement et le débarquement. Au moment de l'arrivée, le conducteur ouvre cette passerelle, au moyen de laquelle la différence de niveau entre le plancher de la voiture et celui de la salle d'attente est rachetée.

Étant données la courte durée du trajet et la tranquillité du mouvement, des places debout pour voyageurs ne présentent aucun inconvénient; elles forment la moitié des places disponibles. En une heure on pourra transporter jusqu'à 200 voyageurs dans chaque sens, car la longueur des câbles d'une installation ne doit pas dépasser 600 à 650 m.

Indépendant d'une mauvaise pose ou d'un entretien défectueux de la voie, des joints et de l'infrastructure, favorisé par l'élasticité des câbles, par le genre de suspension et par la position constamment verticale de la voiture, le mouvement sera très doux et agréable. On peut prévoir que l'influence du vent se fera peu sentir, car les oscillations possibles d'un système aussi lourd et d'une pareille étendue ne peuvent être que très lentes. Dans les voies aériennes destinées au transport des matériaux, le balancement des wagonnets produit par le vent n'est pas considérable, bien que ces wagonnets soient très légers et suspendus souvent à un câble unique.

Au point de vue de l'influence du vent, les poids qui entrent ici en ligne de compte sont rassurants : ils sont de 11 kg par mètre courant sur chaque câble porteur, de 3 kg pour les câbles tracteurs, de 3800 kg pour la voiture vide et de 18 500 kg pour les contrepoids. Un balance-

ment produit par le vent est d'autant moins à craindre que le véhicule est suspendu à deux câbles suffisamment éloignés l'un de l'autre (0,90 m). Un dernier facteur favorable enfin est la simultanéité nécessaire des oscillations de la voiture et des câbles ; or les véhicules se déplaçant constamment sur les câbles durant le trajet, l'amplitude et, par conséquent, la durée des oscillations doivent varier constamment, ce qui est encore un obstacle au balancement des voitures.

Grâce à la légèreté du véhicule et au profil longitudinal excessivement favorable donné par la courbe qu'affectent les câbles porteurs, la consommation de force est minime. La moyenne de la puissance absorbée par une course complète atteint à peine 1,5 kilowatt-heure. Dans les funiculaires ordinaires le profil en long doit se plier à la conformation du terrain, tandis qu'ici on obtient d'emblée le profil en long le plus convenable pour la compensation du poids. Lorsque l'énergie nécessaire viendrait subitement à manquer, il serait facile de faire descendre la voiture la plus chargée au moyen d'une simple commande à bras.

Avec le système des ascenseurs à câbles, il n'est plus question d'établissement de plate-forme; le terrain entre les deux stations reste intact. Les frais d'établissement se réduisent à un minimum et cet avantage se fait d'autant plus sentir que les parois de rocher sont plus abruptes et plus élevées. Il en est de même des frais d'exploitation et d'entretien qui sont réduits dans la même proportion, spécialement parce que les ascenseurs à câbles franchissent les différences d'altitude par le plus court chemin. Les funiculaires aériens sont donc un heureux complément des autres systèmes de chemins de fer de montagne. Il sera par conséquent intéressant de connaitre les résultats techniques et économiques de l'installation du Wetterhorn qui constitue un premier essai destiné à mettre en lumière et à résoudre les difficultés multiples que la réalisation pratique d'une idée neuve ne manque jamais de faire surgir.

La construction des ascenseurs du Wetterhorn a commencé dans l'été de 1904 et on peut prévoir que le premier tronçon pourra être inauguré dans le courant de la saison 1906.

Une autre concession vient d'être accordée pour franchir la gorge du Chauderon, sur Montreux, au moyen d'un pont funiculaire de 500 m, établi sur le principe des ascenseurs à câbles. D'autre part, la Société du chemin de fer de la Jungfrau a demandé une concession pour une grande installation d'ascenseurs reliant la station de la Mer de Glace au sommet de l'Eiger. Ce nouveau système de chemins de fer de montagnes est encore prévu pour plusieurs projets d'installations importantes en Suisse et à l'étranger.

Grosses locomotives pour chemins de fer à voie étroite. — Nous avons déjà eu occasion de signaler ce fait qu'on construit aujourd'hui, pour la voie étroite, des locomotives dont le poids eût paru, il y a quelques années, considérable pour la voie normale; cette augmentation de dimensions se fait de plus en plus sentir.

Les plus lourdes machines actuelles pour voies à écartement réduit sont, à notre connaissance, les locomotives récemment construites pour le gouvernement du Natal par le British Locomotive C° à Glasgow.

L'écartement des voies de ces chemins de fer est de 1,067 m. On trouve sur ces lignes, entre Durban et Charlestown, des déclivités de 33 0/00 et des courbes de 91,50 m.

Ces machines ont quatre essieux couplés et un bogie à l'avant; les cylindres sont extérieurs et horizontaux. La chaudière est assez élevée, son axe étant à 2,21 m au-dessus du rail, pour qu'on ait pu placer la grille au-dessus des roues et lui donner ainsi une largeur suffisante. Le foyer est très long et renferme une voûte en briques.

Voici les dimensions principales de ces locomotives :

Surface de grille	m^2	3,16
— de chauffe directe.	—	11,95
— — tubulaire. . . .	—	194,75
— — totale	—	206,70
Pression à la chaudière	kg	14,2
Diamètre du corps cylindrique . . .	m	1,630
— des cylindres	—	0,520
Course des pistons.	—	0,610
Diamètre des roues accouplées . . .	—	1,155
— — du bogie	—	0,720
Écartement des essieux parallèles. .	—	3,780
— total	—	6,780
Poids de la machine en service . . .	kg	69 750 »
Capacité des caisses à eau	—	14 500 »
— des soutes à combustible. .	—	6 700 »
Poids du tender chargé	—	39 000 »
— de la machine et du tender. .	—	108 750 »

Le tender est porté sur deux bogies à deux essieux.

Comme on peut en juger par les chiffres ci-dessus, ces machines sont d'une puissance qu'on n'est pas habitué à rencontrer sur des voies à écartement réduit. Les renseignements qui précèdent, et que nous empruntons à l'*Engineer*, sont muets sur la question du poids adhérent, mais on peut l'estimer aux environs de 55 t, ce qui fait une charge de 14 t pour chacun des essieux accouplés et implique l'emploi d'une voie aussi résistante que les voies normales ordinaires.

Ces machines, qui font le service des trains-poste sur la ligne principale d'une longueur de 492 km, donnent toute satisfaction.

Le Canal de Suez. — Un rapport consulaire sur le commerce de Port-Saïd, résumé par le *Journal of the Society of Arts*, donne d'intéressants détails sur les modifications apportées au Canal de Suez, depuis son ouverture au trafic. Les dimensions actuelles du canal sont sensiblement doubles de celles qu'il avait à l'origine. Ainsi, la section transversale a été augmentée dans le rapport de 320 à 580 m^2, dans la partie normale, et à 740 dans les nombreux garages servant au croisement des navires. Les détails suivants ont été fournis au consul britannique, M. Cameron, par l'Ingénieur en chef de la Compagnie.

De 1869 à 1875, le canal a conservé sa profondeur primitive de 8 m, avec la largeur au plafond de 22 m sur toute sa longueur. Il y avait,

tous les 10 km, un élargissement de 1 000 m de longueur, formant garage pour croisement. De 1875 à 1884, on réalisa des améliorations consistant principalement à redresser les courbes et à élargir le canal dans ces courbes. En 1887 et 1888, le canal fut approfondi de 1 m, ce qui permit le transit de navires calant jusqu'à 7,90 m. De 1888 à 1895, la largeur du plafond fut portée à 33 m, et les courbes furent partiellement redressées et la largeur accrue.

Les résultats se traduisirent par une réduction dans la durée du transit, laquelle avait déjà été réduite par l'emploi de l'éclairage électrique, réalisé dès 1887, les navires pouvant se croiser à un point quelconque du canal, au lieu d'être obligés d'attendre dans les garages. De 1898 à 1904, en présence de l'accroissement des dimensions des navires, on commença à faire des croisements plus larges, au nombre de 20, situés à des intervalles de 5 km, chaque croisement ayant une longueur de 750 m, avec un élargissement progressif sur 275 m de chaque côté. Dans chacun de ces croisements, le plafond du canal a 45 m de largeur, tandis que la largeur au niveau de l'eau est de 91,50 m, et le tirant d'eau, de 9,50 m. Le mouillage dans le canal a été porté à 9 m, de sorte que, dès le 1er janvier 1902, on a pu admettre des navires calant 8 m au lieu de 7,80 m comme précédemment. On travaille sans interruption pour pouvoir réaliser une profondeur uniforme de 9,50 m sur toute sa longueur.

Du kilomètre 61, près d'El Ferdane, jusqu'à Suez, la largeur au plafond doit être portée de 33 à 39 m; les courbes seront améliorées, et on établira un grand garage dans les Lacs Amers. Si l'on considère l'ensemble du canal, on peut dire que la largeur au niveau est, dans la moitié nord, de 91 à 110 m, et, dans la moitié sud, de 73 à 91 m. On doit, en outre, élargir le canal à Port-Tewfik, ce qui permettra aux navires de guerre de faire rapidement du charbon, sans être obligés de venir s'amarrer contre des appontements.

Production du soufre en Louisiane. — On sait qu'on a découvert, il y a quelques années, aux environs de Lake Charles City, en Louisiane, des gisements considérables de soufre, situés à une profondeur de 135 m, sous une couche de sable fin facilement accessible à l'eau. Pour l'exploitation de ces dépôts, l'American Sulphur C°, de New-York, avait pensé à employer la congélation de cette couche de sables aquifères pour permettre l'excavation, mais les essais donnèrent des résultats peu satisfaisants au point de vue économique.

Hermann Frasch proposa, pour résoudre le problème, un procédé très élégant, consistant à fondre le soufre par l'envoi d'eau chaude, et à extraire l'émulsion ainsi formée au moyen de pompes ou d'air sous pression. Ce procédé fut mis en œuvre, à titre d'essai, en 1896, et de cette date à 1898, on put extraire 4 500 t de soufre.

Les difficultés rencontrées avec les premières installations répandirent l'idée que le procédé n'était pas économique; mais l'inventeur ne se laissa pas décourager par ces suppositions peu bienveillantes, et il réussissait à établir, en 1902, une installation fournissant, par jour, la quantité nullement insignifiante de 1 000 t.

Ces faits paraissent avoir été ignorés en Europe, car, à la fin de l'année dernière, on déclarait en Italie que la concurrence des soufres d'Amérique n'était pas à craindre. Mais, cette sécurité fut troublée par la nouvelle de l'arrivée, à Marseille, d'un chargement de 3 000 t de soufre de la Louisiane, et d'expéditions analogues à Anvers et à Hambourg.

La preuve que ces envois ne sont pas de simples tentatives, est dans un article d'Ed. Hardt, paru en septembre 1904, dans le *Journal of the American Chimical Society*, dans lequel il est dit qu'on extrait 16 000 t de soufre par mois par le procédé Frasch, et que le coût sur wagon (probablement à la Nouvelle-Orléans) est de 37,50 f la tonne.

D'après des renseignements fournis par l'Union Sulphur C°, cette Société possède quarante-huit chaudières à vapeur, de 150 ch chacune, pour préparer l'eau chaude nécessaire à la fusion du soufre à la profondeur de 240 m. L'émulsion formée est élevée au niveau du sol, et envoyée dans de vastes bassins. Ces chaudières étaient chauffées à l'anthracite jusqu'à la fin de 1902; elles le sont actuellement à l'huile minérale, pour le logement de laquelle on a établi un réservoir d'une capacité de 200 000 barils. Bien que le système d'extraction emploie relativement peu de main-d'œuvre, la Compagnie n'occupe pas moins de 600 hommes, surtout pour la perforation, qui, effectuée par trois batteries de perforatrices, demande quatre à cinq jours; chaque puits ainsi exécuté fournit 400 t de soufre par jour.

La production moyenne dépasse ainsi 1 000 t par jour, dont la plus grande partie est envoyée par chemin de fer à la Nouvelle-Orléans, où elle est embarquée sur navires à destination de New-York.

Des échantillons envoyés au professeur Lunge, de l'École polytechnique de Zurich, et examinés par lui, contiennent une proportion de 99,6 0/0 de soufre.

La Société qui exploite estime que les gisements contiennent environ 40 millions de tonnes de soufre, et peuvent fournir la consommation entière du monde. Si l'on considère que l'exportation totale de la Sicile, en 1902, s'est élevée au chiffre de 467 320 t, et que la Louisiane produit dès aujourd'hui 350 000 t, on comprendra que la Sicile est en train de se voir concurrencer d'une manière formidable par l'Amérique, si elle ne trouve pas le moyen de perfectionner ses procédés de production, pour réduire notablement son prix de revient. Les renseignements qui précèdent sont donnés par l'*Industria*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1905.

Rapport de M. A. MOREAU, sur **le Ruberoïd.**

Ce produit, d'origine américaine, est un feutre de paille et de lin imbibé d'un produit spécial dont la composition reste secrète et enduit sur ses deux faces d'une dissolution plus concentrée de la même substance, laquelle le garantit des effets de l'air extérieur, l'empêche de se dessécher outre mesure et lui conserve sa souplesse et son élasticité. Cette matière est préparée en feuilles de 0,93 m de largeur sur 21 m de longueur, avec une épaisseur variant de 1/2 à 2,5 mm. On l'emploie pour des couvertures et des revêtements. Il a l'avantage d'être peu combustible et a une assez longue durée; son prix est, suivant l'épaisseur, de 1,75 à 3,75 f le mètre carré, qui pèse de 1,40 à 2,65 kg.

Unification des filetages. — Projet d'extension du système international aux vis de diamètre inférieur à 6 mm.

On sait que les règles du système international de filetage ne s'appliquaient pas aux vis de diamètre inférieur à 6 mm. Il a paru intéressant de les étendre à ces diamètres et la question a été mise à l'étude.

Une Commission chargée par la Société d'Encouragement à cet effet a fait un rapport favorable à la suite duquel elle reproduit des extraits ou résumés des principaux avis reçus en réponse à une note insérée dans le Bulletin de la Société de septembre 1904. Ces avis sont intéressants et nous renvoyons au Bulletin de la Société d'Encouragement ceux de nos Collègues qui voudraient approfondir la question.

L'organisation du travail aux États-Unis, par M. Maurice ALFASSA.

L'auteur donne ici un résumé de la substance des rapports d'une enquête entreprise sur la question, par M. Mosely, qui a emmené en Amérique un certain nombre de délégués ouvriers de Trades-Unions. Les résultats de cette enquête tendent à admettre que les causes du succès industriel de l'Amérique sont les suivantes : 1° esprit d'entreprise; 2° machinerie perfectionnée et outillage moderne; 3° organisation intérieure des usines, et 4° collaboration réelle et efficace des ouvriers et de leurs employeurs. La note entre dans des développements intéressants sur ces divers points.

Notes économiques, par M. ALFASSA.

Ces notes traitent les questions suivantes : législation ouvrière; le

congrès des retraites; un projet de retraites ouvrières; la culture du coton en Afrique; les maladies professionnelles.

Arts chimiques. — Colles, mastics épaississants, gélatines, gommes, amidons, dextrines et substituts, d'après Fritz Krüger.

Notes de chimie, par M. J. Garçon.

Ces notes traitent des points suivants : la lutte en distillerie contre les fermentations secondaires, la fixation de l'azote de l'atmosphère, la composition de l'amidon, l'emploi comme combustible du charbon pulvérisé, le tantale et les gisements de tantale en France, la quantité de lumière réfléchie par les papiers peints, l'extraction du tannin des matières tannifères, l'ensimage des laines, les peintures à l'huile du métropolitain de New-York, etc.

Notes de mécanique. — Nous signalerons sous cette rubrique : l'action des huiles sur les foyers des chaudières, d'après M. Morison. les foyers de chaudières au charbon pulvérisé du système Schwartzkopf; la riveuse à main de M. Arnodin, les limites pratiques des charges des roues des véhicules, le sertissage des diamants pour leur taille et une note sur un moteur à pétrole Diesel de 500 ch.

Juillet 1903.

Rapport de M. Imbs, sur un **traité de filature de laine cardée,** par MM. L. Priault et Ch. Thomas.

Rapport de M. A. Livache sur **les essais des cuirs par flexion circulaire,** par M. H. Boulanger.

De même que l'essai de traction est insuffisant pour définir les qualités des métaux, de même en est-il pour les qualités des cuirs. M. Boulanger a entrepris une étude très complète de la rupture par flexion. A cet effet, il découpe dans le cuir à éprouver des rondelles qui sont saisies par des mâchoires circulaires cannelées, laissant libre un cercle intérieur de 0,10 m de diamètre. La mâchoire supérieure présente une ouverture de 50 mm dans laquelle pénètre à frottement doux un tampon à bout sphérique que l'on charge jusqu'à rupture du cuir en relevant les flèches de 5 en 5 mm.

Les ruptures présentent des différences de forme suivant la nature des cuirs essayés.

Rapport de M. A. Livache, sur de **nouvelles applications de l'appareil rotatoire de dessiccation,** de MM. Douard et Boulet.

Nous avons, il y a déjà plusieurs années, indiqué le principe de cet appareil et son emploi pour la dessiccation du sang. Cet emploi s'est répandu et, actuellement, il y a en fonctionnement, à Aubervilliers, trois appareils où on dessèche le sang sans addition de produits chimiques comme précédemment et à l'aide de la chaleur seule. On traite ainsi les viandes plus ou moins altérées, provenant des abattoirs, et on

les transforme en poudre très fine, sans odeur et prête à être mise en sacs. Ces opérations se font avec une grande rapidité et sans aucune incommodité pour le voisinage. Il suffit, pour se rendre compte du fait, de visiter l'usine de l'Union de la.Boucherie, à Aubervilliers.

Le cocotier et ses applications industrielles, par M. Em. Prudhomme, directeur de l'Agriculture à Madagascar.

La noix de coco, qui est le fruit du cocotier, est un produit de grande importance. Elle donne à l'état frais 30 0/0 d'huile et, après dessiccation, 65. Le résidu de l'extraction de l'huile est un excellent engrais et un aliment pour le bétail. On retire de l'huile une graisse dite beurre de coco, dont on fait un grand usage pour la pâtisserie et la biscuiterie.

Un autre produit important des noix est la fibre de coco, qui sert à faire des cordages. On en retire aussi du sucre et de l'alcool. Les feuilles fraîches constituent un excellent fourrage et sont utilisées pour la vannerie; du bourgeon terminal on tire un chou palmiste qui est un aliment recherché. Enfin, peu de plantes se prêtent à des usages aussi nombreux et aussi importants. Aussi doit-on s'attacher à répandre sa culture dans les colonies.

Explosion d'une chaudière de locomotive aux abords de la gare Saint-Lazare, par M. R. Dubois, Ingénieur aux chemins de fer de l'Ouest.

Les causes de cet événement, survenu le 4 juillet 1904, ont été recherchées de divers côtés et des explications données pour les indiquer, nous rappellerons celles de M. Périssé et de M. Fremont. M. R. Dubois, pour son enquête, a cherché, en dehors de toute idée d'origine, quels avaient dû être les mouvements des différentes pièces, dans le but d'en dégager le mécanisme de l'explosion et de remonter, par suite, à l'origine de l'accident.

De ces recherches extrêmement laborieuses, l'auteur croit pouvoir conclure que la cause originelle est la chute du ciel du foyer, quelles qu'aient été les circonstances qui ont amené cette chute, due très probablement à une surpression dans la chaudière. Le ciel est tombé par rotation autour de l'arête supérieure de la plaque tubulaire avant l'ouverture des faces de la boîte à feu et la partie arrière du ciel est venue frapper le bas de la plaque tubulaire après rupture de la charnière. L'explosion s'est ensuite transmise au corps cylindrique qui s'est trouvé déchiré et séparé de la boîte à feu; il y a eu projection des diverses parties.

L'auteur croit devoir appuyer l'hypothèse d'une surpression, cause primitive de l'accident, sur le fait que la Compagnie de l'Ouest abandonne le modèle de soupape de sûreté dont était munie la machine 626 dont il est ici question et qu'elle avait adopté il y a une vingtaine d'années.

Fusion du verre par l'électricité et chauffage au moyen de conducteurs divisés, par M. Bronn.

L'idée d'employer l'électricité pour la fusion du verre est déjà an-

cienne; on a proposé diverses dispositions. L'auteur, après des essais prolongés, a été conduit à abandonner l'idée de fondre directement le verre par l'arc électrique et à reprendre celle de chauffer un creuset par l'électricité. Cette idée semble devoir donner des résultats avantageux.

Notes économiques, par M. ALFASSA.

Il est ici question du musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle de Paris et de la durée du travail dans les mines.

Notes de chimie, par M. J. GARÇON.

Les principales questions traitées sous cette rubrique sont les suivantes : action des agents de dégraissage sur la force des fibres de la laine, relation entre les propriétés physiques et la structure chimique, influence de la lumière sur les réactions des corps diazoïques, comparaison de l'efficacité contre le mildiou des solutions de verdet et des bouillies cupriques, influence paralysante de l'arsenic dans la production de la rouille, etc.

Notes de mécanique. — Nous signalerons parmi ces notes, la description du chargeur automatique Victor, pour foyers de locomotives, et celle de deux grandes machines de laminoirs, la première exposée à Liège par la Société Cockerill, qui a trois paires de cylindres disposés en tandem et développe 10 000 ch à 120 tours avec de la vapeur à 18 kg et sans condensation; la seconde, construite par Davy à Sheffield, a trois cylindres verticaux et donne 16 000 ch à 120 tours avec de la vapeur à 10 kg et condensation centrale. On trouve également une note sur les essais d'une machine frigorifique à absorption.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2me TRIMESTRE DE 1905

La corniche de l'Esterel, sa création, comment elle est devenue une route nationale, par M. THEREL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce travail, très développé, indique d'abord comment un sentier s'est transformé successivement en chemin vicinal ordinaire, puis en route nationale pour la traversée du massif montagneux de l'Esterel, assurant les communications entre Cannes et Saint-Raphaël. Il décrit les travaux exécutés, lesquels ont été achevés en avril 1903, après une durée de vingt mois.

Étude sur la stabilité des trains sur les chemins de fer à voie de 0,60 m, par M. le colonel d'artillerie PECHOT.

Cette étude décrit le système de chemin de fer à voie de 0,60 m, em-

ployé pour le service de l'artillerie, et donne les raisons qui ont fait adopter l'écartement de 0,60 m, au lieu de ceux de 1,44 m et 1 m. Ce travail semble constituer un plaidoyer en faveur de la voie de 0,60 m.

Note sur des **indicateurs de niveau d'eau à courant d'air continu,** par MM. VIDAL, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et KAUFFMANN, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ces appareils sont destinés à l'enregistrement des courbes de marée, mais ils peuvent servir également à mesurer des hauteurs d'eau variables, mais très petites ; par exemple l'épaisseur d'une lame d'eau déversante sur un déversoir en lame mince. Le principe sur lequel ils reposent est l'emploi d'une poche élastique contenant de l'air dont on mesure la pression. Ce principe a dû être modifié par suite de la présence, dans l'eau, de matières diverses, qui causeraient des dépôts venant directement déformer la poche élastique, et on a établi un appareil qui ne saurait être compris facilement en l'absence de figures.

Note sur **le calcul des arcs encastrés,** par M. PIGEAUD, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le calcul des arcs articulés aux naissances est singulièrement facilité par l'emploi des tables de Bresse, et il serait très à désirer qu'on possédât des tables analogues pour le calcul des arcs encastrés aux naissances. La difficulté de l'entreprise a découragé les calculateurs ; le problème dépend, en effet, dans le cas général, de la résolution d'un système de trois équations simultanées à trois inconnues, dont les coefficients sont des fonctions assez compliquées de l'angle au centre et des coordonnées de la surcharge.

L'objet de cette note est de faire connaître les formules que l'auteur a déduites d'un système composé de deux équations simultanées et d'une troisième équation indépendante, ce qui constitue une importante simplification en permettant, pour les arcs circulaires de section constante, de mettre dans tous les cas, sous forme explicite, la valeur des inconnues, et, dès lors, leur mise en tables n'est plus qu'une affaire de patience et d'exactitude numérique. Ces tables permettent de calculer rapidement les différents termes de ces formules.

Note sur la **réparation d'une voûte en maçonnerie,** par M. RENARDIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit de la voûte de 12 m d'ouverture d'un passage inférieur sur la ligne d'Étampes à Beaune-la-Rolande, dont le joint d'intrados de la clef s'est ouvert, tandis que des lézardes se produisaient dans les tympans, au-dessus du joint des naissances.

On a réparé la voûte en matant du mortier de ciment pulvérulent dans le joint de la clef ouvert à l'intrados, et probablement dégarni de mortier. La difficulté pratique était l'introduction de bas en haut d'un mortier à peu près sec. On y est parvenu par l'emploi d'un entonnoir renversé, duquel on refoulait le mortier dans le joint au moyen d'une palette en bois. L'opération a parfaitement réussi.

Note sur **divers travaux d'infrastructure de la ligne d'Étampes à Pithiviers,** par M. Lorieux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La note décrit divers cas de fondations à l'air libre et à l'air comprimé qui se sont présentés dans les travaux d'art de cette ligne.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUIN 1905

District du Centre

Réunion du 14 mai 1905.

Communication de M. Grenet, sur **la trempe de l'acier.**

On a cherché à expliquer la trempe par la supposition que la trempe maintient le métal à un état instable normalement stable à chaud. L'auteur pense, au contraire, que ce n'est pas parce que les aciers trempés conservent l'état stable à chaud qu'ils ont leurs propriétés spéciales, mais parce qu'ils subissent, à température relativement basse, la transformation qui les ramène à l'état stable à froid. Il examine ensuite les différents aciers étudiés jusqu'ici : l'acier au carbone, l'acier au nickel, au chrome, au manganèse, et leur fait l'application de cette théorie.

M. Grenet conclut que, pour les aciers au nickel, comme pour les aciers au carbone, toutes les fois que la transformation a lieu à basse température, l'acier est dur, sa texture microscopique est fine, et il reste aimanté après avoir été soumis à un champ magnétique.

On peut attribuer la dureté et le magnétisme rémanent après aimantation de ces aciers à basse température de transformation, soit à la texture fine, due à la séparation des éléments à basse température dans un métal trop peu malléable pour que ces éléments puissent se rassembler, soit à un phénomène d'écrouissage dû au changement de structure dans un métal peu malléable et susceptible de s'écrouir.

Quoi qu'il en soit, le phénomène qui produit la tempe paraît lié à une cause générale, et les conclusions de cette étude s'appliquent probablement à tous les métaux qui subissent une transformation avec changement de structure.

Communication de M. Heliot, sur **un effet de désincrustation dans une chaudière à vapeur.**

Aux mines de la Courolle (Allier) on employait de l'eau provenant des travaux souterrains, laquelle marque jusqu'à 48 degrés hydrotimétriques, et les dépôts étaient si abondants que les chaudières ne pouvaient fonctionner plus de quinze jours sans nettoyage. L'emploi de l'épuration préalable a ramené le degré hydrotimétrique à 9 ou 10, et on pensait qu'on n'aurait plus à craindre d'avaries graves aux tôles de coup

de feu. Il n'en a pas été ainsi, et une chaudière semi-tubulaire a éprouvé des boursoufflures aux bouilleurs, et des déformations importantes.

On a remédié à cette difficulté grave par l'emploi de collecteurs de tartre placés dans les bouilleurs et empêchant les boues et les incrustations tombant du corps cylindrique de parvenir sur les tôles de coup de feu des bouilleurs.

Juillet 1905.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 3 juin 1905.

Communication de M. Rodde sur **le calcul d'un câble d'extraction** à section décroissante en tenant compte des tensions dynamiques auxquelles il est soumis.

L'auteur expose que, pour arriver à une solution complète de la question, on doit :

1° Calculer les câbles à l'état dynamique, c'est-à-dire en tenant compte de l'accélération maxima qui leur est imprimée;

2° Étudier les machines d'extraction au point de vue de l'accélération maxima qu'elles peuvent imprimer aux câbles;

3° Enfin, il y a lieu de dire un mot des expériences qu'il semble utile d'instituer pour déterminer les données pratiques nécessaires à l'établissement rationnel d'un système d'extraction.

Communication de M. Biron sur une **nouvelle méthode d'agglomération et de désulfuration des minerais de plomb et de cuivre.**

Cette méthode, introduite récemment dans le travail courant de la fonderie de plomb de la Société des mines des Bormettes, repose sur ce fait que les scories en fusion jouent en même temps le rôle d'agglomérant et de combustible, leur chaleur permettant de porter le soufre du minerai à la fois aux températures de combustion et de distillation.

On mélange le minerai avec les scories et on brasse le mélange; un courant d'air soufflé permet de brûler la majeure partie du soufre restant après le brassage; la chaleur produite est suffisante pour souder les morceaux et permettre d'obtenir des agglomérés constitués par des blocs spongieux et résistants où le minerai se trouve en grande partie à l'état d'oxyde et qu'on peut employer directement.

Ce procédé est économique et est surtout à conseiller pour le traitement des minerais de plomb argentifères et cuivreux.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 28. — *15 juillet 1905.*

Le pont de Treskow à Oberschöneweide, près Berlin, par K. Bernhard.

Étude d'une station centrale de force avec double surchauffe par les gaz perdus, par E. Josse.

Les chemins de fer électriques à l'époque actuelle, par F. Niethammer *(fin)*.
Expériences sur le frottement avec l'appareil Dettmar, par H. Heimann.
Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition industrielle de la Basse-Silésie, à Görlitz en 1905, par Förster.

Groupe de Bavière. — Développement de l'Association des Ingénieurs allemands.

Groupe de la Ruhr. — Fête en l'honneur de Max Liebig le 3 juin 1905.

Revue. — Règlement de police sur les automobiles, par A. Heller.

N° 29. — *22 juillet 1905.*

Nouvelles pompes Duplex, pompes à volant et pompes turbines, par Otto. H. Mueller *(fin)*.
Étude d'une station centrale de force avec double surchauffe par les gaz perdus, par E. Josse *(fin)*.
Chemin de fer funiculaire à traction électrique, par Landmann.
Recherches thermiques sur les compresseurs, par F. L. Richter *(suite)*.

Groupe de Bavière. — Développement de l'Association des Ingénieurs allemands *(fin)*.

Bibliographie. — Le rôle des machines dans la production agricole, par A. Lang. — Développement de l'industrie houillère dans les provinces du Rhin et la Westphalie dans la seconde moitié du XIXe siècle.

N° 30. — *29 juillet 1905.*

Installation pour le chargement du charbon dans le port de Hambourg.
Expériences sur le frottement au moyen de l'appareil Dettmar, par H. Heimann *(fin)*.

Exposition universelle de Saint-Louis. — Le matériel de chemins de fer, par Fr. Gutbrod *(suite)*.
Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à piston, par O. Berner *(suite)*.
Le pont de Treskow à Oberschöneweide près Berlin, par K. Bernhard *(suite)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Photographie à distance. — Machine à vapeur de naphte et d'éther.

Groupe de la Thuringe moyenne. — L'air liquide et sa proportion d'oxygène.

Revue. — Mélangeur de fonte de 750 t de capacité. — Assemblage de tuyaux pour conduites à haute pression. — Réservoir d'eau en ciment armé.

N° 31. — *5 août 1905.*

Grue de chantier à commande électrique, construite par la fabrique I. von Petravic et Cie, à Vienne.
Le pont de Treskow, à Oberschöneweide. près Berlin, par K. Bernhard *(fin)*.

Recherches thermiques sur les compresseurs, par F. L. Richter *(fin)*.

La première machine à vapeur qui ait fait un service prolongé en Allemagne, par E. Gorland.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Nouvelles machines dans l'industrie de la céramique.

Bibliographie. — Exploitation des houillères, par Ch. Demanet. — Géométrie descriptive, par J. A. Mayer.

Revue. — Appareil de Kowalewsky pour mesurer les temps de pose en photographie. — Laboratoire d'essai de l'Association bavaroise de surveillance des chaudières à Münich. — Le dock flottant de Tsingtau.

N° 32. — *12 août 1905.*

Calcul des pompes centrifuges et ventilateurs, par G. Lindner.

Expériences de consommation de vapeur faites sur une machine de la distribution d'eau d'Augsbourg, par J. Krumper.

Tiroir à triple orifice pour l'admission et l'échappement pour cylindres à basse pression, par M. Hochwald.

Groupe de Hambourg. — Double garniture étanche pour arbres d'hélices et de turbines à vapeur.

Bibliographie. — Gazogènes pour moteurs à gaz et chaudières à vapeur, par P. Fuchs.

Revue. — Exposition des gaz des forges de Lackawanna, près Buffalo. — Progrès des chemins de fer américains dans le dernier quart de siècle. — Les chemins de fer à la frontière marocaine de l'Algérie.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Mathématiques, par Georges Dariès, Ingénieur de la Ville de Paris, Licencié ès sciences mathématiques (1).

Cet ouvrage fait partie de l'excellente *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics* qui a déjà fourni tant de Traités pratiques sur beaucoup de branches relatives à l'art de l'Ingénieur. C'est un résumé de l'enseignement mathématique supérieur tel qu'il est donné dans nos grandes Ecoles d'Ingénieurs. Sous une forme concise et claire, il donne tous les éléments nécessaires sur l'algèbre supérieure, le calcul différentiel, le calcul intégral et sur la géométrie analytique à deux et à trois dimensions.

Il est surtout destiné aux jeunes gens qui, au sortir de l'enseignement secondaire, n'ont pu suivre les cours d'une École supérieure, et leur donne le moyen d'acquérir rapidement les connaissances théoriques qui leur seront nécessaires dans leur carrière.

Mais il pourra également être très utilement consulté par les Ingénieurs sortant d'une de nos grandes Écoles, qui y trouveront, plus facilement que dans des Traités complets, les renseignements dont ils auront besoin.

Georges Courtois.

IIe SECTION

Les Chemins de fer Belges, par Émile Guarini, Professeur à l'École des Ingénieurs et à l'École d'Arts et Métiers de Lima (Pérou). Correspondant du *Scientific American* (2).

M. Émile Guarini a condensé d'une façon remarquable les données statistiques, législatives, administratives, techniques et commerciales de l'ensemble des chemins de fer de la Belgique.

Pour les questions techniques, l'auteur ne se borne pas à des descriptions, complétées par des dessins schématiques, mais il émet aussi des appréciations qui dénotent une connaissance approfondie des divers services. Ce n'est que par le plus ou moins de développement donné à certains chapitres, que le lecteur peut deviner quelles sont les branches de l'industrie des chemins de fer dans lesquelles l'auteur se sent le plus à l'aise.

Les signaux et leur influence sur la sécurité dans l'exploitation ont été traités plus particulièrement, et l'auteur se montre partisan de l'automaticité des signaux transmis en cours de route aux locomotives. — La condensation du sujet en peu de pages ne permet pas de faire un

(1) In-16, 185 × 120 de 549 p. avec 310 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix relié : 12 f.
(2) In-8°, 235 × 155 de 64 p. avec 18 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix broché : 4 f.

reproche à M. Guarini de ne pas avoir montré la complexité de cette question, et de ne pas avoir insisté sur les dangers que l'automaticité de ces signaux peut présenter, si elle n'est pas entourée de précautions qui compliquent singulièrement les appareils et le service.

Si cette intéressante brochure se trouvait épuisée et si une seconde édition venait à être faite, nous espérons que les cartes que l'on a par trop réduites, pour pouvoir les insérer dans le texte, seront remplacées par des cartes à échelle plus grande, jointes comme planches hors texte.

Telle qu'elle est, l'étude publiée par M. Guarini doit être classée parmi les meilleures monographies de ce genre, elle sera lue avec le plus grand fruit.

E. P.

IVe SECTION

Cours d'exploitation des Mines, par HATON DE LA GOUPILLIÈRE (1).

Le cours, professé pendant de longues années et avec une haute distinction, par M. Haton de la Goupillière à l'École supérieure des Mines, a été édité en 1883; son succès fut considérable et tous les Ingénieurs qui s'intéressent à l'Art des Mines ont voulu posséder ce traité dans leur bibliothèque.

Une seconde édition parut en 1896, c'est la troisième qui voit le jour en 1905, considérablement augmentée par M. Bès de Berc, Ingénieur au Corps des Mines, témoignant ainsi en faveur du succès croissant que cet important ouvrage a rencontré de toutes parts.

Dans la nouvelle édition, dont le premier volume vient de paraître, les grandes divisions de la première ont été conservées, mais des remaniements sérieux ont été apportés à de nombreux chapitres pour les mettre en harmonie avec les progrès introduits, au cours des dernières années, dans le domaine des mines : aux figures, à échelle réduite, de l'ancienne édition ont fait place des dessins clairs et précis, d'une lecture bien plus facile et pouvant rendre, de la sorte, des services appréciables; la bibliographie, si consciencieuse et si documentée de l'auteur, a été complétée et mise à jour, permettant ainsi à celui qui veut approfondir un sujet minier quelconque de se reporter aisément aux mémoires ou aux travaux originaux.

Les parties du cours auxquelles les modifications les plus profondes ont été apportées pour les mettre à la hauteur des progrès récents de l'industrie minière sont les suivantes :

Dans la conduite des recherches, l'emploi du magnétomètre et les procédés de sondage, qui ont été l'objet dans ces dernières années d'améliorations considérables en vue d'accélérer la découverte des gisements, sont traités avec de minutieux détails ainsi que les applications des sondages à l'exploitation des argiles salifères.

L'étude des explosifs, celle de leur emploi et de leur conservation, l'exposé des théories nouvelles qui ont conduit à leur composition chimique

(1) In-8°, 255×165 de xvii-1003 p. avec 663 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix brochés : 90 f les trois volumes.

ont reçu des développements très importants; la perforation mécanique des trous de mine, l'abatage mécanique, les haveuses, rouilleuses et trancheuses, en grande faveur, surtout dans certains bassins étrangers, ont été l'objet de multiples descriptions.

La méthode du bouclier, employée, dans ces derniers temps, sur une si grande échelle, pour l'exécution des tunnels dans les terrains aquifères, occupe une place en rapport avec les applications heureuses dont ce mode de percement a été l'occasion au cours des dernières années; enfin les procédés de fonçage des puits et leurs revêtements, en terrains ébouleux ou aquifères, ont été totalement revisés, aussi leur étude constitue-t-elle une monographie bien à jour des récents travaux effectués dans ces terrains difficiles.

On voit, par ce qui précède, que la troisième édition du *Cours d'exploitation des Mines*, de M. Haton de la Goupillière, est fertile en renseignements et qu'elle viendra utilement enrichir de matériaux, précieux à consulter, les rayons des bibliothèques des nombreux Ingénieurs qui, à des titres divers, s'intéressent aux choses des mines.

H. C.

Ve SECTION

Cours de chimie, de M. de Forcrand (1).

La chimie de M. de Forcrand parait être un ouvrage d'enseignement général qui, bien que dédié aux étudiants du P. C. N., s'adresse en réalité à tous les jeunes gens désireux de compléter leurs connaissances après avoir subi les épreuves du baccalauréat. C'est un livre écrit clairement, avec le souci visible de mettre le lecteur au courant des progrès de la chimie : on y trouve un court paragraphe consacré au radium et, dans les généralités, le principe du travail maximum y est l'objet d'un véritable énoncé très précis. Cette question serait peut-être mieux à sa place dans un ouvrage de thermodynamique : l'auteur déclare lui-même (page 17) que le principe du travail maximum « ne peut nous rendre de grands services en chimie ». Les notions présentées en excellents termes sur un tel sujet ne manqueront pas, en tous cas, d'intéresser le lecteur.

Par contre, on peut regretter que l'auteur soit resté muet sur la dissociation qui fut, après les découvertes de Lavoisier, l'une des plus importantes des temps modernes.

Au point de vue de la chimie pure, l'étude des métalloïdes et des métaux est faite avec un ordre parfait. On n'y trouve cependant guère de faits ou de démonstrations qui n'aient été déjà vus dans les ouvrages destinés aux cours supérieurs des lycées. C'est la partie réservée à la chimie organique qui est traitée avec le plus d'originalité et qui sera du plus grand secours aux étudiants. Les procédés de démonstrations adoptés par l'auteur, les exposés ingénieux destinés à faire saisir le mécanisme des groupements atomiques sont présentés sous une forme

(1) 2 vol. in-8°, 225 × 140 de VI-325 p. avec 16 fig., et de 317 p. avec 19 fig. Paris, Gauthier-Villars. Prix : broché, 5 f.

séduisante, facile à saisir; ils sont certainement appelés à faciliter grandement l'enseignement de la chimie organique.

Enfin, la dernière partie de l'ouvrage, relative à la chimie analytique, est, comme tout ce qui précède, traitée avec beaucoup de soin. Les lecteurs auxquels l'auteur s'adresse en tireront grand profit : sans être obligés d'avoir à consulter les traités spéciaux, ils y trouveront, résumé sous un faible volume, un ensemble assez complet de données relatives à l'analyse chimique, alors que les livres servant à l'enseignement de la chimie générale renferment à peine quelques rares exemples, généralement dispersés, se rapportant à l'analyse.

L. D.

La fabrication des émaux et l'émaillage, par M. Paul Randau. Traduit de l'allemand par M. Em. Campagne (1).

M. Em. Campagne a présenté à la Société des Ingénieurs Civils de France, en demandant qu'il en soit fait l'examen, une traduction, faite par lui, de l'ouvrage de M. Paul Randau, paru en Allemagne et ayant pour titre : « Die Fabrikation der Emaille und das Emailliren. »

Cette traduction a été augmentée d'un supplément dans lequel sont traitées et mises à jour différentes questions se rattachant étroitement à la fabrication des émaux et à l'émaillage.

Dans une introduction assez étendue, M. Paul Randau, qui paraît avoir eu en vue principalement l'émaillage du fer et son extension aux objets d'usage domestique, fait connaître le but qu'il a poursuivi en faisant cette publication, et les ressources qu'il espère que les industriels qui le consulteront pourront y trouver; il termine en manifestant l'espoir d'avoir pu, par la vulgarisation de renseignements jusqu'ici un peu épars et peu connus, aider au développement d'une industrie appelée à prendre de jour en jour une importance plus grande, étant établi maintenant, pour citer ses paroles, qu'on pourra toujours, avec quelques précautions et des connaissances suffisantes, obtenir des produits aussi parfaits que possible, susceptibles, par suite, de répondre aux besoins de l'hygiène sous toutes ses formes, aussi bien qu'à ceux de la décoration.

L'ouvrage présenté par M. Campagne se divise en deux parties principales : la première traitant des matières premières, la deuxième de la fabrication des émaux industriels.

La première se subdivise elle-même en une série de chapitres au nombre de dix, donnant la nomenclature des corps dont l'emploi est nécessaire, ainsi que le rôle que chacun d'eux est appelé à jouer. Les derniers chapitres rappellent les moyens de les essayer ainsi que ceux pouvant être employés pour les préparer et les mélanger.

Il est facile de se rendre compte que les appréciations qu'il donne au point de vue des résultats que doit procurer l'emploi de certains de ces corps sont formulées d'une façon un peu empirique; aussi sont-elles susceptibles de donner prise à quelques critiques.

(1) In-8°, 230 × 140 de 251 p. avec 23 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix : broché, 8,75 f.

Il en est de même en ce qui concerne la nomenclature de certains d'entre eux et plus particulièrement des corps opacifiants, dont plusieurs, d'un usage très général, paraissent avoir été omis ou ignorés par l'auteur.

La seconde partie traite plus particulièrement de la technique même de cette fabrication de l'émaillage, et qui n'est pas la moins intéressante par la variété des recettes d'émaux et de glaçures qui y sont rassemblées et dont il a été possible, en les reproduisant, de contrôler l'exactitude.

Dans un dernier chapitre, il indique les machines à employer pour la préparation de ces émaux et des pièces à émailler, ainsi que les fours dans lequels il doit être procédé à leur cuisson.

En résumé, l'ouvrage de M. Paul Randau présente un intérêt réel, et pourra être consulté avec fruit par un grand nombre de fabricants peu au courant des progrès accomplis depuis quelques années dans cette industrie.

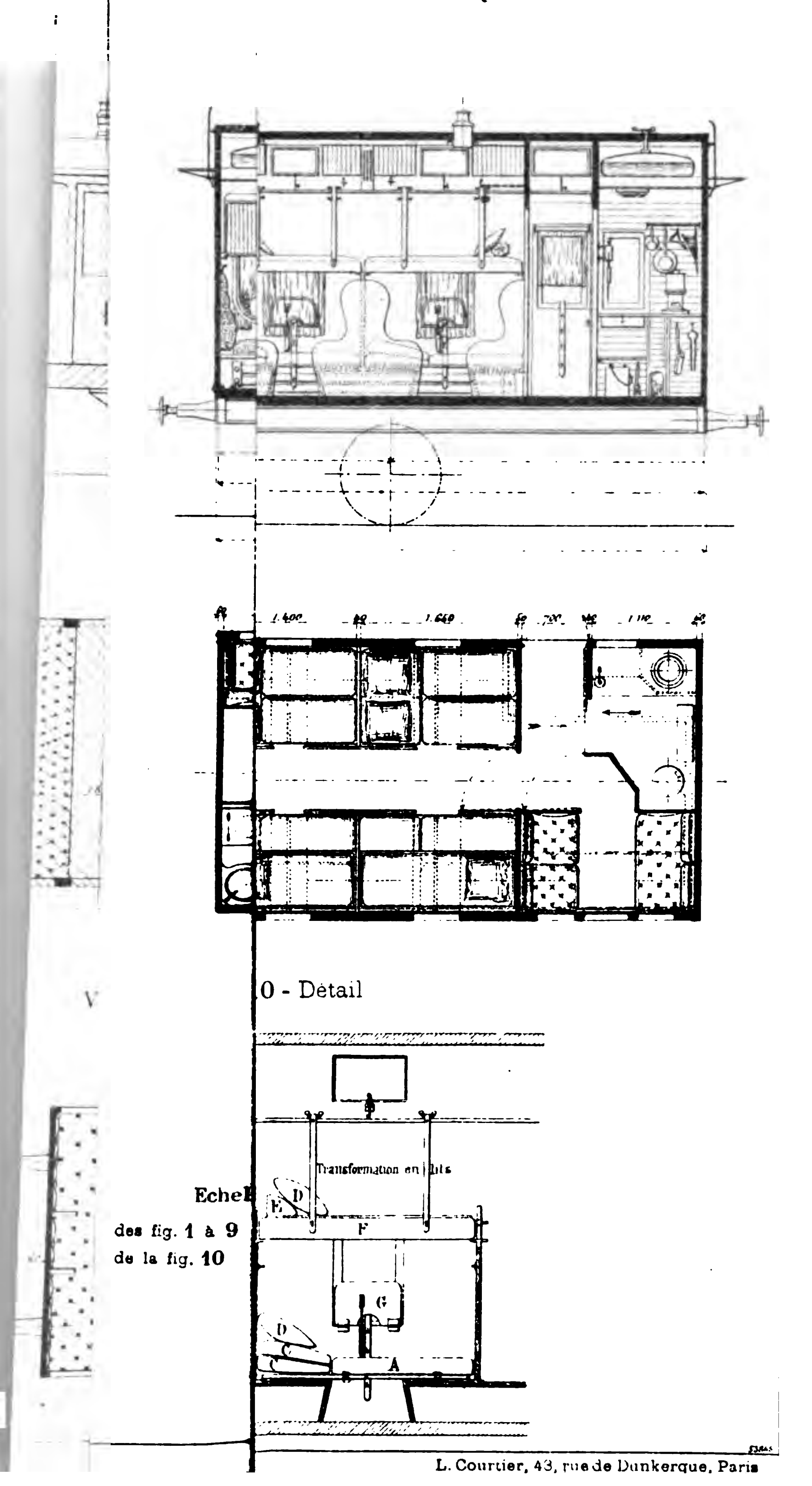
Il n'était pas sans utilité de fixer la technique de cette fabrication, c'est ce que semble avoir réussi à faire l'auteur, et dont, avec les réserves formulées plus haut, il y a lieu de le louer, en même temps que des remerciements pourront être adressés à M. Campagne qui a aidé à en amener la vulgarisation, en le présentant à la Société des Ingénieurs Civils.

Léon Appert.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14764-7-05. — (Encre Lorilleux).

SSISTANCE PUBLIQUE



0 - Détail

Echel
des fig. 1 à 9
de la fig. 10

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1905

N° 10.

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1905, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Liste générale des fabriques de sucre, raffineries et distilleries de France, d'Allemagne, d'Autriche-Hongrie, de Russie, de Belgique, de Hollande, d'Angleterre et de diverses colonies, etc. Trente-septième année de publication. Campagne 1905-1906 (in-18, 160 × 105 de xxiv-412 p.). Paris, Bureau du Journal des Fabricants de sucre, 1906. 44005

Astronomie et Météorologie.

EIFFEL (G.) et BARBÉ (G.). — *Dix années d'observations météorologiques à Sèvres (Seine et-Oise) (1892-1901)*, par G. Eiffel, avec la collaboration de M. G. Barbé (in-4°, 315 × 245 de 96 p. avec 1 fig. et atlas 330 × 255 de 13 pl.). Paris, L. Maretheux, 1904. (Don de M. G. Eiffel, M. de la S.). 43936 et 43937

EIFFEL (G.). — *Études pratiques de météorologie et observations comparées des stations de Beaulieu, Sèvres et Vacquey, pour l'année 1903*, par G. Eiffel (in-4°, 320 × 240 de xxx-380 p. avec atlas 330 × 250 de 24 pl.). Paris, L. Maretheux, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43939 et 43940

Eiffel (G.). — *Les observations courantes en météorologie et comparaison des stations de Beaulieu, Sèvres et Vacquey.* Conférence faite à la Société astronomique de France, le 4 janvier 1905, par G. Eiffel (Extrait du Bulletin de la Société astronomique de France) (in-8°, 245 × 160 de 43 p. avec 4 fig.). Paris, Imprimerie de la Bourse de Commerce, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43938

Chemins de fer et Tramways.

Exposition universelle de Liège, 1905. Notice sur le matériel, les appareils et les tableaux exposés par la Compagnie du Chemin de fer du Nord (in-4°, 320 × 225 de 155 p. avec 127 fig. et 21 pl.). Lille, Imprimerie L. Danel, 1905. (Don de M. G. du Bousquet, M. de la S.). 44016

The Universal Directory of Railways Officials 1905. Compiled from Official sources under the Direction of S. Richardson Blundstone (in-8°, 220 × 135 de 667 p.). London, The Directory Publishing Company Limited. 43961

Ziffer (E.-A.). — *Ueber die Entwickelung der Bahnen niederer Ordnung, (Lokal- und Kleinbahnen) in Österreich in geschichtlicher Beziehung,* von E.-A. Ziffer (Separat Abdruck aus den Nummern 25-28 der Fachzeitschrift « Der Bautechniker ») (in-4°, 340 × 265 de 8 p. à 2 col.). Wien, Josef Roller und C°. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43975

Chimie.

Ostwald (Dr W.). — *Éléments de chimie inorganique,* par le Prof. Dr W. Ostwald. Traduits de l'allemand, par L. Lazard. *Seconde partie. Métaux* (in-8°, 255 × 165 de 446 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de l'éditeur.) 43965

Sauvageon (M.). — *Four électrique à marche continue pour la fabrication du verre et autres produits métallurgiques similaires,* par M. Marius Sauvageon (in-8°, 255 × 165 de 23 p. avec 3 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod. (Don de l'éditeur.) 43979

Construction des Machines.

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1904-1905. XXIIe Bulletin (in-8°, 260 × 165 de 209 p.). Lille, L. Danel, 1905. 44136

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. Trentième exercice 1904 (in-8°, 245 × 160 de 163 p.). Paris, Siège de l'Association, 1905. 44002

Audebrand (A.). — *Tachymètre enregistreur,* par M. A. Audebrand (Extrait des Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Grenoble 1904) (in-8°, 235 × 150 de 87 p. avec 28 fig.). Paris, H. Desforges. (Don de l'éditeur.) 44142

Boulvin (J.). — *Cours de mécanique appliquée aux machines*, professé à l'École spéciale de Gand, par J. Boulvin. *4e fascicule, 2e édition. Générateurs de vapeur* (in-8°, 255 × 165 de VIII-320 p. avec 204 fig. et 1 pl.). Paris, E. Bernard, 1905. (Don de l'éditeur.) 44145

Dwelshauvers-Dery (V.). — *Note sur la théorie expérimentale de la machine à vapeur*, par M. V. Dwelshauvers-Dery (Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liège, 25 juin, 1er juillet 1905. Session de Mécanique) (in-8°, 230 × 155 de 6 p.). Liège, Imprimerie La Meuse, 1905 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43935

Sinigaglia (F.). — *La surchauffe appliquée à la machine à vapeur d'eau*, par François Sinigaglia (Extrait des Publications du Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Section de Mécanique, Liège 25 juin, 1er juillet 1905) (in-8°, 245 × 160 de 91 p. avec 10 fig.). Liège, Imprimerie La Meuse, 1905. (Don de l'auteur.) 44137

Économie politique et sociale.

Annuaire des Syndicats professionnels industriels, commerciaux et agricoles, constitués conformément à la loi du 21 mars 1884 en France et aux Colonies. 15e année. 1904-1905 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 205 × 130 de LVIII-804 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 44001

Bulletin de l'Association normande pour prévenir les accidents du travail. 1905. N° 26 (in-8°, 270 × 180 de 106 p. avec 1 pl.). Rouen, au Siège de la Société, 1905. 43944

Chambre de commerce de Dunkerque. Situation commerciale et industrielle de la circonscription. Statistique maritime et commerciale des ports de Dunkerque et de Gravelines. 1904 (in-8°, 255 × 165 de 240 p.). Dunkerque, Imprimerie dunkerquoise, 1905. 44006

Chambre de commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1904 (in-4°, 250 × 195 de 438 p.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1905. 43978

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale du 28 avril 1905. Rapport du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1904 (in-4°, 315 × 240 de 22 p. avec 13 tabl.). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1905. 43991

Compte rendu des travaux de la Chambre de commerce de Paris. Année 1904 (in-8°, 275 × 175 de 605-51-x p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1905. 43988

Conférences publiques sur l'Indo-Chine faites à l'École Coloniale pendant l'année 1904-1905 (Extraits de la Dépêche Coloniale) (in-8°, 240 × 160 de 74 p.). Paris, Imprimerie de la Dépêche Coloniale. (Don de M. J.-M. Bel. M. de la S.). 43993

Conseil d'administration municipale de la Concession française de Shanghaï. Compte rendu de la gestion pour l'exercice 1904. Budget 1905 (in-8°, 245 × 180 de 32-211-38 pages). Shanghaï, Imprimerie de la Presse orientale. (Don de M. J.-J. Chollot, M. de la S.). 44139

Conseil supérieur du travail. Treizième session. Novembre 1904. Compte rendu (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 265 × 210 de XVIII-233 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 43947

Conseil supérieur du travail. Quatorzième session. Juin 1905. Délai-Congé. Compte rendu (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 265 × 220 de XVIII-135 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 44017

Dardart (E.) Bonnal (A.) et Orrier (Ch.). — *Comptabilite départementale, vicinale, communale et commerciale. Comptabilité départementale et communale*, par M. E. Dardart. *Comptabilité vicinale*, par M. A. Bonnal. *Comptabilité commerciale*. par M. Ch. Orrier (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16, 185 × 120 de VIII-779 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 43956

Le François (J.). — *Essai scientifique sur les transformations sociales et sur la fin de la guerre*, par Jacques Le François (in-8°, 255 × 135 de 24 p.). Paris, Société des Publications scientifiques et industrielles, 1905. (Don de l'éditeur.) 44152

Légier (Ém.). — *La Martinique et la Guadeloupe. Considérations économiques sur l'avenir et la culture de la canne, la production du sucre et du rhum et les cultures secondaires dans les Antilles françaises*. Notes de voyage avec une carte des Antilles et plusieurs figures dans le texte, par Émile Légier (in-8°, 245 × 160 de 190 p.). Paris, Bureaux de la Sucrerie indigène et coloniale, 1905. (Don de l'auteur.) 43929

Lehr (E.). — *Les monnaies des Landgraves autrichiens de la Haute-Alsace*, par Ernest Lehr. Nouvelle description entièrement refondue et considérablement augmentée (Société industrielle de Mulhouse. Bulletin de février 1896) (in-8°, 270 × 175 de 200 p. avec 12 pl.). Mulhouse, Société industrielle de Mulhouse, 1896. (Don de la Société industrielle de Mulhouse.) 43942

Lehr (E.) et Schoen (G.-A.). — *Les monnaies des Landgraves autrichiens de la Haute-Alsace*, par Ernest Lehr. Supplément suivi d'un Appendice sur les jetons frappés à la Monnaie d'Ensisheim, par Gustave-Adolphe Schoen (Société industrielle de Mulhouse. Supplément au Bulletin d'avril 1905) (in-8°, 270 × 175 de 62 p. avec 1 pl.). Lausanne, Imprimerie James Regamey, 1905. (Don de la Société industrielle de Mulhouse.) 43943

Résultats statistiques du recensement général de la population effectué le 24 mars 1901. Tome I. Introduction. Population légale ou de résidence habituelle pour la France entière. Population présente : régions de Paris, du Nord et de l'Est (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Service du recensement) (in-4°, 265 × 220 de xxiii-870 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1904. (Don du Ministère du Commerce.) 43974

Statistique annuelle des Institutions d'assistance. Année 1903 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 255 × 175 de 103 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 44153

Électricité.

Berthier (A.). — *La force motrice de demain. Les piles à gaz et les accumulateurs légers*, par A. Berthier. *Première partie. Les piles à gaz. Les accumulateurs légers au plomb, et mixtes plomb et autre métal. Deuxième partie. Les accumulateurs légers sans plomb et les accumulateurs alcalins* (2 vol. in-12, 190 × 130 de 116 p. avec 15 fig. et de 156 p. avec 36 fig.). Paris, H. Desforges, 1905. (Don de l'éditeur.) 44012 et 44013

Brunswick (E.-J.) et Alliamet (M.). — *Construction des induits à courant continu. Manuel pratique du bobinier*, par E.-J. Brunswick et M. Aliamet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 153 p. avec 53 fig.). Paris, Gauthier-Villars, G. Masson, 1905. (Don de l'éditeur.) 43998

Guevara (A.). *Las Redes Electricas. Ensayo sobre una teoria de la distribucion de la corriente continua*, por Alejandro Guevara (in-8°, 215 × 150 de 24 p.). Lima-Peru, Imprenta de la Escuela de Ingenieros, 1905. (Don de l'auteur.) 43994

Lorenz (R.) et Hostelet (G.). — *Traité pratique d'électrochimie*, par Richard Lorenz. Refondu d'après l'édition allemande, par Georges Hostelet (in-8°, 230 × 140 de vi-323 p. avec 77 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de l'éditeur. 44146

Enseignement.

Annual Calendar of Mc. Gill College and University Montreal. Session 1905-1906 (in-8°, 215 × 145 de xxii-393 p. avec 1 pl.). Montreal, Printed for the University by the Gazette Printing Company, 1905. 43931

Zamenhof (Docteur) et Matton (E.). — *Cours complet d'Esperanto rédigé en conformité absolue avec les règles établies*, par le Docteur Zamenhof, créateur de la langue, par E. Matton (in-8°, 170 × 105 de 152 p.). Paris, A. Hatier; Clermont-Ferrand, A. Bony. (Don de M. E. Matton.) 44010

Géologie et Sciences naturelles diverses.

POCHET (L.). — *Étude sur les sources. Hydraulique des nappes aquifères et des sources et applications pratiques*, par M. Léon Pochet (Ministère de l'Agriculture) (in-8°, 265 × 175 de 527 p. avec atlas même format de 81 pl.). Paris, Imprimerie nationale. 1905. (Don du Ministère de l'Agriculture.) 43968 et 43969

Législation.

Annuaire de l'Association des Ingénieurs de l'Institut industriel du Nord (in-16, 185 × 115 de vi-216 p.). Lille, Le Bigot frères, 1905. 43958

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. Huitième année, 1904. Congrès de Berlin Mai 1904. Fascicule II (in-8°, 230 × 150. pages 315 à 674 et pages I à XXXIII). Paris, H. Le Soudier, 1905. (Don de MM. Belin frères). 43973

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. Neuvième année 1905. Congrès de Liège. Septembre 1905. Fascicule I (in-8°, 230 × 150 de 147 p.). Paris, H. Le Soudier, 1905. (Don de MM. Belin frères.) 43995

Annuaire des Ingénieurs de France. 1905 (in-8°, 215 × 135 de 427-XXVIII p.). Paris, Loubat et Cie, 1905. (Don de l'éditeur, M. de la S.) 43964

Annuaire du Syndicat professionnel des Industries électriques. Année 1905 (in 8°, 220 × 130 de XXVI-406 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 43982

Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège. Classification des membres par spécialités, 1847-1905 (in-8°, 240 × 175 de XVII-57 p.). Liège, H. Dessain. 43981

Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute. Corrected to July 1 st (in-8°, 215 × 135 de CXXVIII p.). London, Published at the Officers of the Institute, 1905. 43987

The Institution of Electrical Engineers. List of Officers and Members. Corrected to August 31 st 1905 (in-8°, 210 × 135 de 208 p.). 44011

Western Society of Engineers. Constitution, By-Laws, List of Officers and Members. June 1905 (in-8°, 230 × 150 de 84 p.). Twentieth List. Chicago, 1905. 43960

Year-Book of the National Business League (Non-Partisan) Official Directory, Aim and Scope. General Review, Constitution Membership (in-8°, 235 × 135 de 56 p.). Chicago U. S. A., 1905. 43989

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

MICHOTTE (F.). — *Étude théorique et pratique de l'incendie. Ses causes, sa prévention, son extinction*, par Félicien Michotte (in-8°, 255 × 165 de VI-563 p. avec 135 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 43946

Métallurgie et Mines.

Bücher Verzeichnis des Vereins für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen, 3. Ausgabe abgeschlossen, 31 Dezember 1904 (in-8°, 275 × 190 de XII-817 p.). Berlin, Druck von H. S. Hermann, 1905. 43948

Comité des Forges de France. Classification unifiée des fers et aciers marchands et spéciaux adoptée par le Comité des Forges de France (un tableau 310 × 210). Édition de septembre 1905. 43976

Comité des Forges de France. Documents statistiques concernant la production et le commerce extérieur des principaux produits de l'industrie sidérurgique de 1870 à 1903, en France, en Allemagne, en Belgique, en Grande-Bretagne et aux États-Unis d'Amérique. Mai 1905 (in-4°, 270 × 215 de 80 p. avec 8 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1905. 43996

GUILLET (L.) et LE CHATELIER (H.). — *Les aciers spéciaux. 2e volume. Aciers au chrome, au tungstène, au molybdène, à l'étain, au titane, au vanadium, à l'aluminium, au cobalt*, par M. Léon Guillet. Préface de M. Henry Le Chatelier (in-4°, 285 × 225 de II-133 p. avec figures). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de M. H. Le Chatelier.) 43963

La fonderie moderne, par le Bureau technique du Mois scientifique et industriel. (Monographie n° 10) (in-8°, 240 × 160 de 68 p. avec 57 fig.). Paris, Bibliothèque du Mois scientifique et industriel. 43997

LAPOSTOLEST (N.). — *Conditions à remplir pour le matériel électrique des mines*. Rapport de M. Noël Lapostolest (Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liège, 25 juin, 1er juillet 1905. Section des Mines) (in-8°, 230 × 155 de 76 p.). Liège, Imprimerie H. Vaillant-Carmanne, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43966

LEVAT (D.). — *L'industrie aurifère*, par David Levat (in-8°, 255 × 165 de XVI-899 p. avec 253 fig. et 6 pl.), Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 43945

MASCAREÑAS (Dr E.). — *La aluminotermia. Propiedad y aplicación interesante del aluminio.* Conferencia publica experimental dada en el salón de actos de la Academia el 28 de Junio de 1905 por el socio de numero Dr D. Eugenio Mascareñas (Publicaciones de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona) (in-8°, 220 × 135 de 29 p.). Barcelona, A. Lopéz Robert, 1905. (Don de l'Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.) 44132

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXXV. Containing the Papers and Discussions of 1904 (in-8°, 245 × 155 de LII-1 086 p. avec figures et planches). New York City, Published by the Institute, 1905. 43957

Transactions of the Australasian Institute of Mining Engineers. Volume X (in 8°, 220 × 145 de VIII-367 p. avec 40 pl.). Melbourne, Published by the Institute, 1905. 43932

TRUCHOT (P.). — *Les petits métaux. Titane, tungstène, molybdène*, par P. Truchot (Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 189 p.). Paris, Gauthier-Villars; G. Masson, 1905. (Don de l'éditeur.) 43999

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

ARON, CHARGUÉRAUD et BODIN. — *Ministère des Travaux publics. Ports maritimes de la France. Notice sur le port de Calais*, par M. Aron. Complétée et mise à jour par MM. Charguéraud et Bodin (in-8°, 280 × 180 de 234 p. avec 43 fig. et 1 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1904. (Don du Ministère des Travaux publics.) 44148

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Xe Congrès Milan 1905. 1re section. Navigation intérieure. Communications (19 brochures in-8°, 235 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1905. 44018 à 44036

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Xe Congrès. Milan 1905. 1re section. Navigation intérieure. Rapports (28 brochures in-8°, 235 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1905. 44037 à 44064

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Xe Congrès. Milan 1905. 2e section. Navigation maritime. Communications (34 brochures in-8°, 235 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1905. 44065 à 44098

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Xe Congrès. Milan 1905. 2e section. Navigation maritime. Rapports (30 brochures in-8°, 235 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1905. 44099 à 44128

Extension des installations maritimes au nord d'Anvers (Extrait du 3e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Juin 1905) (in-8°, 240 × 155 de 23 p. avec 1 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1905. (Don de l'Association internationale permanente des Congrès de Navigation.) 43972

GÉRARD (L.). — *Halage électrique des bateaux. Notice sur les expériences relatives aux tracteurs à adhérence proportionnelle*, par Léon Gérard (Extrait du Bulletin de la Société Belge d'Électriciens. Tome XXII, 1905) (in-8°, 245 × 155 de 16 p. avec 12 fig.). Bruxelles, Imprimerie F. Vanbuggenhoudt. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44009

HORN (Ém.). — *Inauguration du Canal des Portes de Fer. Orsova, 1896.* Réimpression (Extrait d'une communication, accompagnée de projections, faite le 19 mars 1897 à la Société des Ingénieurs Civils de France, par Émile Horn, son délégué à l'inauguration du Canal des Portes de Fer) (in-8°, 240 × 155 de 30 p.). Paris, Librairie des Saints-Pères, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44003

Institute of Marine Engineers. Sixteenth Volume of Transactions. Session 1904-05 (in-8°, 205 × 135). London. 44138

Journal of the American Society of Naval Engineers. General Index. Volumes I-XVI. 1889-1904 (in-8°, 235 × 155 de 260 p.). Washington D. C., Published by the Society, 1905. 43959

MOREAU (A.). — *Le port de Buenos-Aires et ses agrandissements*, par M. Auguste Moreau (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Bulletin d'avril 1905) (in-8°, 240 × 160 de 24 p. avec une carte et une planche). Paris, 19, rue Blanche, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43951

MOREAU (A.). — *Le port de Buenos-Aires.* Communication faite dans la séance du 4 mai 1905, par M. Auguste Moreau (Extrait du Bulletin de la Société des Études coloniales et maritimes, 31 mai 1905) (in-8°, 265 × 180 de 30 p. avec 9 fig.). Paris, 16, rue de l'Arcade, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43952

Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. Cahier des charges n° 11 de 1905. Canal maritime. Entreprise des travaux de la section comprise entre les cumulées 14 kil. 088,20 et 24 kil. 394,36, depuis 20m, 20 en amont du nouveau pont de Humbeek jusqu'à 97m, 11 en aval du pont-rails de Willebroeck (in-8°, 265 × 175 de xxiv-573 p.). Bruxelles, Imprimerie Xavier-Havermans, 1905. (Don de la Société anonyme du Canal et des installations maritimes de Bruxelles.) 43992

Transactions of the Institution of Naval Architects. Vol. XLVII. Part. I and Part II, 1905 (2 vol. in-4°, 290 × 220 de XLVI-433 p. avec 89 pl.). London, 5, Adelphi Terrace, 1905. 44143 et 44144

VALLIER. — *Notes sur la dynamique de l'aéroplane*, par M. Vallier (Extrait de la Revue de Mécanique, années 1904-1905) (in-4°, 320 × 225 de 98 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 43971

VERNON-HARCOURT (L.-F.). — *The River Hooghly*, by Leveson Francis Vernon-Harcourt (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CLX. Session 1904-1905. Part II) (in-8°, 215 × 140 de 113 p. avec 35 fig. et 3 pl.). London, Published by the Institution, 1905. (Don de l'auteur.) 43930

VIVENOT, VOISIN (J.) et VASSEUR (L.). — *Ministère des Travaux publics. Ports maritimes de la France. Notice sur le port de Boulogne*, par M. Vivenot. Complétée et mise à jour, par M. J. Voisin et M. L. Vasseur (in-8°, 280 × 180 de 178 p. avec 39 fig. et 1 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1904. (Don du Ministère des Travaux publics.) 44147

Physique.

ABRAHAM (H.) et LANGEVIN (P.). — *Société française de Physique. Collection de Mémoires relatifs à la Physique. Deuxième série. Les quantités elémentaires d'électricité, ions, électrons, corpuscules.* Mémoires réunis et publiés par Henri Abraham et Paul Langevin. *Premier fascicule et second fascicule* (2 vol. in-8°, 250 × 160 de 1 138 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de l'éditeur.) 44140 et 44141

LENCAUCHEZ (A.). — *Études, Observations, Essais et Recherches sur les Gazogènes à combustion renversée et à double combustion, etc., et sur la combustion des mélanges tonnants dans les cylindres des moteurs à gaz.* par A. Lencauchez (Manuscrit, 300 × 190 de 146 p. avec 12 pl.). (Manque la planche VI). (Don de l'auteur, M. de la S.). 44134

PÉRISSÉ (R.). — *Le chauffage des habitations par calorifères*, par M. Raymond Périssé (Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 175 p. avec 25 fig.). Paris, Gauthier-Villars; G. Masson, 1905. (Don de l'éditeur.) 44000

Routes.

Ministère des Travaux publics. Nivellement général de la France. Répertoire des emplacements et altitudes des repères. Réseau de troisième ordre. Lignes comprises dans les polygones D de premier ordre. Premier fascicule J de premier ordre. Deuxième fascicule et troisième fascicule (3 brochures in-8°, 270 × 180). Nantes, M. Schwob et Cie, 1903, 1904. (Don de M. Ch. Lallemand.) 44149 à 44151

Sciences mathématiques.

DUHEM (P.). — *Les origines de la statique*, par P. Duhem. *Tome premier* (in-8°, 255 × 165 de IV-360 p. avec 93 fig.). Paris, A. Hermann, 1905. (Don de l'éditeur.) 44014

Sciences morales. — Divers.

Mémoires de la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres, du département de l'Aube. Tome LXVII de la collection. Tome XL, troisième série. Année 1904 (in-8°, 240 × 165 de 510 p.). Troyes, Paul Nouel. 44015

Technologie générale.

Association Française pour l'avancement des Sciences. Compte rendu de la 33e session. Grenoble 1904. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 155 de 1 747 p. avec 6 pl.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1905. 44008

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCCII. 1905. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 4 giugno 1905, onorata dalla presenza delle L. L. Maesta Il Re e la Regina. Vol. III (in-4°, 300 × 220, pages 159 à 214.) 43977

Bulletin de la Société industrielle de Reims, 1905. Tome dix-neuvième. N° 91 (in-8°, 240 × 155 de 123 p.). Reims, A. Marguin; Paris, E. Lacroix, 1905. 44131

Congrès des Sociétés savantes à Alger. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le mercredi 16 avril 1905, par M. Héron de Villefosse, M. Stéphane Gsell et M. Bienvenu-Martin (in-8°, 260 × 175 de 44 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère de l'Instruction publique.) 43953

Don de M. A. Bazaine, M. de la S., de 30 volumes et atlas relatifs aux sciences en général et à l'art de l'Ingénieur. 43967

École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des travaux de vacances des Élèves, publiés par la Direction de l'École. *Année 1902* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (1 vol. in-f° 555 × 375 de 52 pl.). Paris, Imprimerie et Librairie des Arts et Manufactures, 1903. (Don de M. P. Buquet, M. de la S.). 43952

Exposition universelle et internationale de Liège 1905. Catalogue spécial officiel de la Section française (in-16, 135 × 120 de xxviii-872 p. avec un plan général de l'Exposition). Paris, M. Vermot. 43933

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Comité des travaux historiques et scientifiques. Liste des Membres (in-8°, 250 × 160 de 147 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère de l'Instruction publique.) 43954

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Programme du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1906 (in-8°, 260 × 175 de 16 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère de l'Instruction publique.) 43955

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLX. 1904-05. Part II (in-8°, 215 × 135 de vii-480 p. avec 9 pl.). London, Published by the Institution, 1905. 43985

Rapports du Jury international. Introduction générale. Tome premier. Première partie. Instruction publique. Deuxième partie. Beaux-Arts (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 862 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1904. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 44007

Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en assemblée générale le 26 juin 1905, à décerner en 1906 (in-8°, 250 × 165 de 60 p.). Mulhouse, Imprimerie Vve Bader et Cie, 1905. 43990

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin n° 30. Tome Ier et Tome II. 1904 (2 vol. in-8°, 255 × 165 de 183 p.). Saint-Quentin, Ch. Poette, 1904-1905. 43983 et 43984

Society of Engineers. Transactions for 1904, and general Index 1857 to 1904 (in-8°, 225 × 140 de VIII-276 p. avec figures et planches). London, E. and F.-N. Spon, 1905. 43934

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXVII. N° 1. 1905 (in-8°, 220 × 140 de XV-865 p. avec 53 pl.). London, E. and F.-N. Spon, 1905. 43986

The Junior Institution of Engineers. Record of Transactions. Vol. XIV. Twenty third session, 1903-1904 (in-8°, 215 × 140 de LXXXI-265 p. avec 25 illust.). London, Percival Marshall and C°, 1905. 43960

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. LIV. June 1903 (in-8°, 230 × 150 de VI-554 p. avec 43 pl.). New-York, Published by the Society, 1905. 44004

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1884 bis, 1893. Band XXVIII bis XXXVII (in-4°, 310 × 240 de 119 p.). Berlin, Julius Springer, 1905. 44129

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1894 bis 1903. Band 38 bis 47 (in-4°, 320 × 245 de 108 p.). Berlin, Julius Springer, 1905. 44130

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et documents. 75e année. 8e série. Tome XVIII, 1905, 2e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 319 p. avec pl. 5 à 11). Paris, E. Bernard. 43970

Compagnie générale des Conduites d'eau. Société anonyme à Liége. Belgique. Notice (in-8°, 220 × 140 de 160 p. avec illustrations). Liége, Aug. Bénard, 1905. (Don de M. H. Doat, M. de la S.). 44135

COTTANCIN (P.). — *Collection de 152 photographies de travaux exécutés en ciment avec ossature métallique*, par M. P. Cottancin. (Don de M. J.-M. Bel, M. de la S., de la part de l'auteur, M. de la S.). 43941

KOECHLIN (M.). — *Recueil de types de ponts pour routes*, par Maurice Kœchlin (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de 306 p. avec 104 fig. et atlas 320 × 160 de 8 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1905. (Don de l'éditeur.) 43949 et 43950

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1905 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM :

E. F. Bibas,	présenté par MM.	Hillairet, Dupont, Huet.
J. Bonnamy	—	Groselier, Chagnaud, Fougerolle.
G. Bourlat,	—	Barbou, Godard, Le Naour.
E. F. da Cunha,	—	Coiseau, Boudenoot, Pontzen.
A. Delagneaux,	—	Besson, Blache, Patoureau.
L.-E. Isambert,	—	Birault, Harispe, Faivre.
J.-A. Lencauchez,	—	Coiseau, Hillairet, Cornuault.
E. Lhonoré,	—	Guillet de la Brosse, Bouquet, Verrier.
A. Moine,	—	Groselier, Chagnaud, Fougerolle.
C. de Oliveira,	—	Coiseau, da Rocha, de Dax.
M. Roux,	—	Brandon, de Frontin, Germain.
J. A. dos Santos,	—	A. Belin, E. Belin, da Costa Couto.
A. A. Tisserant,	—	Blot, Faullain de Banville, Turgan.

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

L. Lalande, présenté par MM. J. Armengaud, M. Armengaud, Mardelet.

Comme Membre Associé, M. :

Ch. Théryc, présenté par MM. Bonnet, Jametel, Rousset.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1905

PROCES-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 OCTOBRE 1905

PRÉSIDENCE DE M. L. COISEAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

B. Barbier, ancien Élève de l'École des Mines de Saint-Étienne, Membre de la Société depuis 1890, Administrateur et Ingénieur-Conseil de la Société Minière et Industrielle de Routchenko ;

H. de Blonay, ancien Élève de l'École Centrale (1848), Membre de la Société depuis 1850, ancien Administrateur-gérant de l'atelier de construction de machines, Maison Dietrich et Cie, de Reichshoffen, Membre de la Société nationale d'Agriculture, Ingénieur-Conseil ;

L. Chandora, Membre de la Société depuis 1890, Ingénieur-Entrepreneur de travaux de drainage et d'irrigation ;

A. Dormoy, Membre de la Société depuis 1889, ancien Directeur des Forges et Fonderies de Sougland-Fourmies ;

E. Fouquet, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1849), Membre de la Société depuis 1867, Chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur, Administrateur de la Société de Constructions des Batignolles ;

J. Grégoire, Membre de la Société depuis 1897, ancien Constructeur-mécanicien ;

L. Husson, Membre de la Société depuis 1896, ancien Ingénieur de la Société Ottomane des tramways ;

C. Jolly, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1842), Membre de la Société depuis 1860, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur-Constructeur (ponts et charpentes) ;

Ch. Lucas, Membre de la Société depuis 1878, Architecte, Expert près le Tribunal civil et le Conseil de préfecture de la Seine, Membre du Comité départemental des Habitations à bon marché du département de la Seine;

A. Marion, ancien Ingénieur de l'École Polytechnique de Montréal, Membre de la Société depuis 1903, Ingénieur de la Maison Marion et Marion, à Montréal;

G. Nagelmackers, ancien Élève de l'École des Mines de Liége, Membre de la Société depuis 1885, Commandeur de la Légion d'honneur, Administrateur-Directeur général de la Compagnie Internationale des Wagons-Lits;

J. Richard, Membre de la Société depuis 1888, Chevalier de la Légion d'honneur, Entrepreneur de Travaux publics;

J. Thiry, ancien Élève de l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle (1889), Membre de la Société depuis 1902, Directeur du bureau de Paris de MM. C. Otto et Cie (fours à coke, etc.);

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. Chenut, Chollot, L.-P.-C. Guéroult, A.-F. Pellerin, de Quatrefages de Bréau, G.-H. Reich;

Officiers de l'Instruction publique : MM. Borderel, E. Bert, Pérard, J.-A. Vizet;

Officiers d'Académie : MM. E. Bricq, Rondet-Saint, Rousseaux, Szarvady, A. Taillefer;

Officier du Mérite Agricole : M. P. Vincey;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. A. Cornuault, P. Lebrou, A. Massé, F. Monnier-Ducastel, H. Nouguès, P. Jannettaz;

Chevalier de Saint-Stanislas de Russie : M. L. Savatier.

M. Aug. Moreau a reçu de M. le Ministre de l'Intérieur une médaille de la Mutualité.

M. Paul Boubée a été nommé Membre ordinaire du Conseil supérieur de l'Industrie et du Commerce du Royaume d'Italie.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que le Comité vient de décider de reporter au 10 novembre la séance du 3 du même mois. Ce même soir, en effet, a lieu le banquet anniversaire de la Fondation de l'École Centrale, et il serait à craindre que les conférenciers inscrits pour cette date, ainsi que beaucoup de nos auditeurs habituels, ne puissent assister à cette séance.

Le quatrième Congrès du sud-ouest navigable aura lieu à Béziers, les 24, 25 et 26 novembre 1906;

Un Congrès national de l'Enseignement du dessin aura lieu en 1906;

Le quarante-quatrième Congrès des Sociétés Savantes s'ouvrira à la Sorbonne, le mardi 17 avril 1906 ;

Un Congrès international pour l'étude des maladies des Travailleurs aura lieu à Milan, en 1906 ;

Une Exposition nationale Coloniale doit avoir lieu à Marseille, du 15 avril à novembre 1906 ;

Une Exposition internationale des Industries textiles aura lieu à Roubaix, de mai à septembre 1906.

Un concours de procédés et d'appareils d'éclairage et de chauffage aux gaz et à l'électricité sera ouvert dans l'hôtel du Journal *le Bâtiment*, du 15 octobre au 15 novembre 1905.

Les documents relatifs à ces divers avis sont déposés à la Bibliothèque. Il en est de même du cahier des charges de l'entreprise des travaux de construction de la troisième section du Canal maritime de Bruxelles au Rupel.

M. le Président remercie MM. A. de Bovet et P. Dumesnil, qui ont bien voulu accepter de prendre la parole, presque à l'improviste, dans la séance de ce soir, pour remplacer les conférenciers primitivement inscrits et qui n'ont pu se trouver présents, l'un par suite de maladie, l'autre par suite d'un voyage imprévu.

M. de Bovet a la parole pour sa communication sur le *Congrès international de navigation de Milan.*

M. A. de Bovet rappelle que le septième Congrès de navigation intérieure, réuni à La Haye en 1894, a décidé de fonctionner, à l'avenir, comme Congrès international de navigation et qu'en 1902, au cours du neuvième Congrès, à Dusseldorf, a été instituée une Associaton internationale permanente, ayant son siège et son bureau exécutif à Bruxelles. Forte de l'appui donné par de très nombreux Gouvernements, cette Association a vu le nombre de ses membres s'élever à 1341, y compris diverses Sociétés, parmi lesquelles figure la Société des Ingénieurs Civils de France. Le congrès de Milan organisé par l'Association internationale, avec le concours de la Commission locale de Milan a réuni un nombre d'adhérents probablement supérieur à 2300 et a donné lieu à la publication, en trois langues, de 118 rapports. Ces chiffres donnent une idée du travail accompli par le Bureau exécutif de Bruxelles et par la Commission locale de Milan.

Le programme comportait : le dimanche 24 septembre, au soir, une réception ; le lundi matin, séance générale d'ouverture, au théâtre de la Scala ; les lundi après-midi, mercredi matin et après-midi, et vendredi matin, séances ; le vendredi après-midi, séance de clôture à la Scala. Les journées de jeudi 26 et de samedi 28 étaient réservées à des excursions, dans lesquelles les Membres du Congrès étaient divisés en deux groupes. Le 26, un des groupes a fait une excursion au lac de Côme, tandis que l'autre allait visiter les installations de Paderno. Le 28, l'un des groupes allait à Vizzola, tandis que l'autre excursionnait sur le Lac Majeur. Du 30 septembre au 3 octobre, des excursions ont été organisées, permettant aux uns, d'aller à Gênes et à Naples, et aux autres, de visiter la vallée du Pô et Venise. Une troisième excursion a

été organisée pour la journée du 30, permettant d'aller voir la Chartreuse de Pavie et la ville de Pavie.

Les excursions comportaient surtout des visites de stations centrales électriques qui ont fait l'objet de la communication de M. Semenza, publiée dans notre Bulletin du mois d'août dernier. Les canaux de la Lombardie que les congressistes ont rencontrés dans ce voyage avaient été créés pour parer à l'insuffisance des routes par des moyens qui ne permettent pas de supporter la concurrence des chemins de fer; ils sont de petites dimensions et à faible tirant d'eau, ils ne donnent plus passage qu'à un trafic insignifiant; ils sont pourtant encore utilisés. Ce sont des canaux mixtes, où la marche de l'eau est à vitesse assez faible pour ne pas être un obstacle, assez forte, cependant, pour se prêter à la navigation. De pareils canaux ne sont pas pratiques partout; mais ils ne paraissent pas mériter l'ostracisme dont ils sont l'objet chez nous.

Le Congrès était divisé en deux sections : navigation intérieure et navigation maritime.

Les sujets traités étaient, conformément au règlement, répartis en deux catégories : 1° les questions sur lesquelles on était appelé à discuter et à formuler des conclusions ; 2° les communications ne venant en discussion que dans le cas où il reste du temps disponible.

Section de navigation intérieure. Quatre questions à l'ordre du jour :

1° De l'utilité de l'union des chemins de fer et des voies navigables (cinq rapports); la résolution suivante a été adoptée : Les contacts entre les chemins de fer et les voies navigables doivent être favorisés par des tarifs propres à développer de plus en plus les transports ;

2° Influence de la destruction des forêts et du dessèchement des marais (cinq rapports); le Congrès exprime le vœu que les États qui ne l'auraient pas fait fassent des lois pour le maintien des forêts servant à la consolidation des terrains de montagnes, et le reboisement des zones déboisées ;

3° Étude de systèmes propres à utiliser les grandes chutes (treize rapports) ;

4° Forme et dimensions des bateaux à petit tirant d'eau (deux rapports).

Section de navigation maritime. Quatre questions à l'ordre du jour :

1° Amélioration de l'embouchure des fleuves (cinq rapports) ;

2° Moyens de propulsion des navires (six rapports) ;

3° Des divers modes d'exploitation des ports maritimes, leur influence (cinq rapports) :

4° Construction des môles, eu égard à la puissance des vagues auxquelles ils doivent résister (six rapports).

En outre des questions portées à l'ordre du jour, il y avait un grand nombre de rapports sur d'autres sujets (combustibles pour la navigation, dimensions des navires, responsabilité des propriétaires des navires à l'égard des particuliers et des administrations publiques, signaux des ports, phares, mesures prises pour protéger la navigation maritime, etc.).

Un fait se dégage, soit du nombre des adhérents, soit de la quantité

des mémoires présentés au Congrès : c'est l'intérêt toujours croissant des questions de navigation intérieure et de navigation maritime.

L'État de New-York vient d'affecter 100 millions de dollars à l'amélioration du canal Erié.

Les Italiens étudient le moyen de réaliser une communication à travers les Apennins.

Ces manifestations suffisent à démontrer qu'on songe sérieusement à améliorer les procédés anciens.

Il est permis de supposer que des travaux tels que ceux du Congrès de Milan auront quelque influence sur les idées et qu'ils permettront de commencer la réalisation de quelques-uns des progrès entrevus.

M. le Président remercie à nouveau M. de Bovet. Comme il l'a dit, les différents mémoires produits au Congrès de Milan sont très intéressants. Ils ont été reçus à la Société, où les Membres pourront les consulter. Ils contiennent, sur toute espèce de question concernant la navigation, des choses assez nouvelles : c'est la mise au courant des travaux qui s'exécutent actuellement et des idées qui sont à l'ordre du jour.

M P. Dumesnil a la parole pour sa communication sur les *Procédés de soudure autogène des métaux.*

M. P. Dumesnil se propose de passer en revue les différents procédés de soudure autogène employés pour souder le cuivre, l'acier, le fer, etc.

Historique. — La soudure autogène n'est pas une question nouvelle, elle a été importée en France pour le plomb, par le chimiste Kuhlmann, il y a quelque soixante ans. Mais si la température d'un dard alimenté par l'air et l'hydrogène était suffisante pour le plomb, il n'en était plus de même pour le fer, l'acier, même le cuivre, d'où nécessité de procédés spéciaux tels que : l'arc électrique (soudure électrique), les chalumeaux à oxygène et hydrogène (soudure oxhydrique), les chalumeaux à oxygène et acétylène (soudure oxyacétylénique).

La soudure oxyacétylénique résulte d'un principe établi, il y a quelques années, par Violle et Le Chatelier.

Qu'il s'agisse de soudure oxhydrique ou de soudure oxyacétylénique, on remarque que l'agent indispensable au travail est le gaz oxygène ; il n'est donc pas inutile de rappeler, en passant, que plusieurs procédés sont actuellement employés pour produire ce gaz industriellement ; ce sont les procédés électrolytiques, purement chimiques, ou par fractionnement de l'air liquide.

Soudure électrique. — Ce procédé ne s'est guère développé dans l'industrie, sauf dans des cas particuliers, à cause de son prix élevé d'installation et des difficultés d'application.

Soudure oxhydrique. — Ce procédé est facile à mettre en œuvre, les deux gaz nécessaires étant couramment livrés comprimés dans des tubes que l'on trouve dans le commerce. Malheureusement ce procédé nécessitant, pratiquement, cinq volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, revient très cher et ne peut guère produire qu'une température ne dépassant pas 1 800 à 2 000 degrés, souvent insuffisante.

Soudure oxyacétylénique. — Les procédés de soudure employés se divisent en trois groupes :

Acétylène dissous. — Ce gaz est alors livré dans le commerce dans des tubes où il est comprimé et dissous dans l'acétone.

Ce procédé est forcément coûteux, par suite des manipulations intermédiaires que l'on fait subir au gaz, mais, comme la soudure oxhydrique, ce procédé a l'avantage de permettre l'installation d'un poste de soudure très portatif.

Acétylène produit sous pression. — Ce système a l'avantage de permettre l'emploi de chalumeaux très simples, mais il présente l'inconvénient d'exiger des autorisations spéciales pour l'installation d'un générateur donnant le gaz à haute pression.

Acétylène produit sur place sous une pression de 12 cm d'eau environ. — Les différents procédés de ce genre ont l'avantage de ne pas nécessiter une surprime d'assurance et de ne pas créer de difficultés avec l'inspection du travail ; ils nécessitent l'emploi de chalumeaux spéciaux dans lesquels on se sert de la forte pression de l'oxygène qui entraîne mécaniquement l'acétylène ; certains systèmes emploient des injecteurs genre Giffard, d'autres des trompes d'Alvergnat.

Prix de revient des différents systèmes de soudure. — En cherchant le prix des 1 000 calories, dans les différents procédés de soudure, on trouve que la soudure oxhydrique coûte trois fois plus cher que la soudure oxyacétylénique.

Donc, qu'on se place au point de vue de l'économie ou au point de vue du résultat du travail (suppression de l'oxydation), ce sont les procédés oxyacétyléniques qui paraissent les plus avantageux : parmi ceux-ci, il y a lieu de retenir les procédés produisant l'acétylène sur place sans pression sensible ; mais, condition essentielle, il est indispensable que l'installation forme un ensemble simple et véritablement industriel.

Description d'une installation de soudure autogène oxyacétylénique. — Une installation de soudure autogène oxyacétylénique se compose de :

Un générateur, des chalumeaux, un détendeur pour la bouteille d'oxygène, des appareils de sûreté destinés à éviter le retour de l'oxygène sur le générateur.

Usages et façons de procéder. — Les usages ds la soudure autogène sont nombreux et se multiplient tous les jours ; l'emploi en est tout indiqué dans les ateliers de chaudronnerie, tôlerie, constructions mécaniques, fonderie, tuyauterie, etc.

Une application intéressante est celle du découpage des tôles, grâce à une suroxydation artificielle du métal.

La façon de procéder varie évidemment suivant les travaux à exécuter et constitue le tour de main de l'ouvrier.

Conclusion. — La soudure autogène, qui tend chaque jour à se développer de plus en plus, ne tardera pas à devenir d'un emploi courant dans les ateliers et dans beaucoup de cas, elle réduira la main-d'œuvre et les prix de fabrication.

M. le Président remercie M. P. Dumesnil de sa très intéressante communication. Elle aura certainement du succès, car les appareils décrits sont susceptibles de rendre des services dans beaucoup de cas, et il n'est pas douteux qu'ils seront beaucoup plus employés quand ils seront mieux connus. Par exemple, dans les navires lorsqu'il est difficile d'enlever certaines pièces, ce système permet d'y exécuter sur place les réparations nécessaires. Les applications possibles doivent être très nombreuses.

M. P. Dumesnil signale qu'en effet. lorsqu'un atelier se décide à monter un appareil de soudure autogène en vue d'une application déterminée, il arrive, qu'au fur et à mesure de la pratique, on applique l'appareil à différents usages auxquels on n'avait pas pensé. De sorte qu'un atelier, occupant, par exemple, quinze ouvriers et employant un mètre cube d'oxygène par jour, pendant les trois premiers mois, arrive, au bout de six mois environ, à consommer 6 mètres cubes.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. E.-F. Bibas, G. Bourlat, E.-F. da Cunha, A. Delagneaux, L.-E. Isambert, E. Lhonoré, J.-A. dos Santos, A.-A. Tisserant, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de

M. L. Lalande, comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. J. Bonnamy, J.-A. Lencauchez, A. Moine, C. de Oliveira, M. Roux sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et

M. Ch. Théryc comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires techniques,
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 OCTOBRE 1905

Présidence de M. A. Hillairet, Vice-Président de la Société.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

E. Bossi, ancien Élève de l'École Centrale (1853), Membre de la Société depuis 1864; a été filateur, Ingénieur à l'entreprise du percement du Saint-Gothard, à la Compagnie du chemin de fer et du Port de la Réunion et Directeur de l'entreprise des écluses du canal de Panama.

E. Deck, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1862), Membre de la Société depuis 1893, Administrateur-Directeur de la Société anonyme des surchauffeurs de vapeur;

A.-J. Carbonnier, Membre de la Société depuis 1903, Ingénieur Mécanicien, Arbitre rapporteur agréé par le Tribunal de Commerce de la Seine;

Ramon Fernandez fils, Membre de la Société depuis 1893, Secrétaire de la Légation du Mexique en France, Chevalier de la Légion d'honneur;

A. Radenac, ancien Élève de l'École Centrale (1876), Membre de la Société depuis 1899, Entrepreneur de travaux publics.

M. le Président adresse aux Familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier d'Académie : M. Ch. Stigler;

Officier du Mérite Civil de Bulgarie : M. A. Morizot.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

Le premier Congrès de tourisme et de circulation automobile sur route, se tiendra au Grand-Palais des Champs-Élysées, du 11 au 16 décembre 1906, pendant le cours de l'Exposition internationale de l'Automobile, du Cycle et des Sports.

M. le Président dit que M. Paul Bonneville a remis à la Société, à la date du 11 courant, un pli cacheté, qui a été, suivant les traditions, déposé aux archives.

M. le Président adresse les remerciements de la Société à M. R. Grosdidier, qui, comme chaque année, vient de faire don à la caisse de secours d'une somme de 64 f.

M. le Président fait savoir que M. R. Arnoux lui a adressé une note dans laquelle il résume quelques observations concernant la communication de M. Dumesnil sur les Procédés de soudure autogène des métaux. M. le Président dit que cette note sera publiée au procès-verbal. Elle est ainsi conçue :

« Monsieur le Président.

» Dans la séance du 6 octobre 1905, notre Collègue M. P. Dumesnil » a fait sur les *Procédés de soudure autogène des métaux* une communica- » tion à laquelle je regrette de n'avoir pu assister. Au cours de cette » communication M. P. Dumesnil a cru devoir attribuer au procédé » *oxyacétylénique* une supériorité marquée sur tous les autres procédés, » supériorité qu'une pratique désintéressée est loin d'avoir démontrée.

» En particulier, pour la *soudure autogène* ou *soudage* des deux métaux » les plus couramment employés dans l'industrie, le fer et le cuivre, » l'acétylène présente le grave défaut de donner lieu à la formation de » *carbures métalliques*, sorte de *fontes* n'ayant à la traction qu'une résis- » tance très réduite et un allongement presque nul.

» La flamme du chalumeau étant composée exclusivement d'un com- » bustible gazeux quelconque et d'un comburant, l'oxygène, on ne peut » pas mettre un excès de ce dernier *sans oxyder le métal*, on est donc » toujours obligé d'assurer un excès de combustible, la réalisation d'une » flamme à la fois strictement neutre et à combustion complète étant » pratiquement impossible. L'excès de combustible est une obligation à » laquelle on ne peut se soustraire aussi bien avec l'emploi de l'acéty- » lène que de l'hydrogène ou de tout autre combustible.

» Mais l'acétylène étant un composé *hydrocarboné* de formation *endo-* » *thermique* et, par conséquent, de *dissociation exothermique*, comme tous » les corps explosifs (dissociation exothermique qui est d'ailleurs la » raison d'être de la très haute chaleur développée dans sa combustion » par l'apport de la chaleur de dissociation) présente le grave inconvé- » nient de se dissocier en hydrogène et en carbone *avant de brûler*, et de » produire de ce chef une fixation très rapide du carbone sur les parties » du métal en fusion.

» Avec l'emploi de l'hydrogène seul comme combustible, aucune » dénaturation, aucune détérioration du métal n'est à craindre, et c'est » ce qui explique pourquoi après avoir fait un essai comparatif très » sérieux des deux procédés oxhydrique et oxyacétylénique, on revient » au premier.

» Notre Collègue a reproché également au procédé oxhydrique d'être » plus coûteux. Ceci n'est actuellement plus exact, et les prix de revient » des deux procédés se sont nivelés par le jeu même de la concurrence » et surtout l'extension considérable qu'a pris très rapidement le pro- » cédé oxhydrique qui est le plus ancien.

» M. P. Dumesnil a également reproché au procédé oxhydrique de

» développer des températures ne dépassant pas 1 800 à 2 000 degrés (1)
» alors que le procédé oxyacétylénique permet d'atteindre des températures de près de 3 000 degrés, c'est-à-dire de même ordre de grandeur que celles développées dans l'arc électrique, d'après M. Violle.
» Or l'obtention de ces dernières températures n'est nullement nécessaire pour réaliser un *soudage* parfaitement homogène des métaux usuels même les plus réfractaires tels que le platine, pour ne citer que le plus employé.

» D'ailleurs le problème n'est pas de développer une température capable de *volatiliser* le métal, mais seulement d'en opérer une *fusion* suffisante pour assurer le *soudage* parfait des parties à assembler.

» Le procédé oxhydrique a le grand avantage d'être réglable avec la plus grande facilité, et ceci est très important pour le travail des métaux ou alliages de métaux qu'il convient de ne pas dénaturer. On sait, en effet, que pour le travail de l'acier fondu il ne faut pas dépasser 1 600 degrés, et 1 200 degrés pour celui du cuivre rouge. Jamais un bon forgeron ne cherche à surchauffer inutilement son métal, il s'efforce, au contraire, de travailler celui-ci à température aussi basse que possible, de façon à ne pas altérer sa nature et ses qualités.

» Ce réglage de la température, si indispensable à réaliser dans le soudage des métaux et de leurs alliages et si facile à obtenir avec le chalumeau oxhydrique, est au contraire presque impossible avec le chalumeau oxyacétylénique, en raison même de *la dissociation exothermique ou explosive* de l'acétylène dont on ne peut régler les effets comme ceux d'une simple combustion.

» Le réglage si facile du chalumeau oxhydrique explique pourquoi celui-ci permet simultanément la soudure de l'acier, de la fonte, du cuivre, du laiton et même de l'aluminium, d'une façon pratiquement parfaite.

» Enfin pour terminer, le chalumeau à acétylène présente l'inconvénient fort grave de donner lieu à une production relativement élevée d'oxyde de carbone (à 1,25 m d'un chalumeau oxyacétylénique, on a constaté avec le procédé de Gréhant 9/100 000) susceptible de provoquer un empoisonnement plus ou moins rapide, mais chronique, des ouvriers soudeurs. C'est ce qui explique les maux de tête très douloureux, fréquemment constatés chez ceux qui emploient le chalumeau à l'acétylène.

» Pour nous résumer, nous croyons devoir attirer l'attention de nos Collègues sur l'importance qu'il y a à bien choisir le combustible à employer pour la réalisation de la soudure autogène.

» D'après notre expérience personnelle comparative nous ajouterons que si l'on veut réaliser des soudures autogènes *toujours bien régulièrement homogènes et solides*, des soudures dont on puisse toujours être certain... et ne pas *intoxiquer son personnel*, il faut éviter l'emploi des gaz carbonés en général, et en particulier de l'acétylène, pour la soudure autogène des métaux.

» Veuillez agréer, etc. » R. Arnoux. »

(1) En réalité, le chalumeau oxhydrique permet d'atteindre une température maxima très voisine de 2 250 degrés.

M. A. Gouvy a la parole pour sa communication sur *le Congrès de Métallurgie de Liège.*

M. Gouvy rappelle que le Congrès International des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique, de la Géologie appliquée, tenu à Liège, du 25 juin au 1er juillet 1905, a réuni seize cents membres, répartis en quatre sections.

La section de Métallurgie a été présidée par M. Greiner. MM. Hadfield, Le Chatelier, von Ehrenwerth, Jules Goujon et Goret ont été élus Présidents d'honneur.

M Gouvy passe successivement en revue les questions soumises à la Section de métallurgie et, pour plus de clarté, il les classe par « ordre métallurgique ».

Utilisation des charbons pauvres en matières agglutinantes pour la fabrication du coke. — M. Hennebutte a fait connaitre que, par l'addition d'un « cément » à des houilles de 12 à 15 0/0 de matières volatiles, il a obtenu, en exploitation courante, du coke d'excellente qualité.

Étude de l'ensemble du haut fourneau et spécialement de l'influence de la dessiccation du vent. — M. Lodin, représentant le Gouvernement français au Congrès, a présenté une étude très complète de la question.

M. Divary, Ingénieur du Creusot, a donné une série de chiffres résumant les essais faits par lui sur des hauts fourneaux en allure de fonte Thomas avec vent de 700 à 800 degrés et montrant l'influence de la teneur en vapeur d'eau de l'air insufflé.

Épuration des gaz de hauts fourneaux. — M. Bian, de Dommeldange (Luxembourg) a décrit un appareil construit par lui en vue d'obtenir une épuration relative des gaz, appareil qui semble surtout être un excellent refroidisseur susceptible d'augmenter l'effet utile des appareils dynamiques appliqués à sa suite.

Emploi des laitiers de hauts fourneaux pour la fabrication des ciments mortiers hydrauliques. — Deux notes ont été présentées par M. de Schwartz, de Liège, et M. le Professeur Wedding.

Enrichissement du gaz de hauts fourneaux. — M. le Professeur von Ehrenwerth, de Leoben (Autriche), a exposé une méthode basée sur la différence de densité de l'acide carbonique (1,529) et de l'oxyde de carbone (0,967).

Les nouveaux procédés de fabrication de l'acier sur sole, tous basés sur l'emploi de la fonte liquide, ont été résumés par M. Acker, Ingénieur de la Société Cockerill.

Appareil de chargement pour fours Martin. — M. Kainscop, de Lens, a exposé au Congrès les principes d'une chargeuse de son système.

La désulfuration au cubilot et au mélangeur a été traitée par M. Puissant d'Agimont, Ingénieur à Hautmont.

Procédés supprimant la retassure des lingots d'acier, par M. R. M. Daelen (1).

La fabrication électrique des aciers a été traitée par MM. R. Pitaval et Gin.

(1) M. Daelen est décédé depuis à Dusseldorf.

Composition des aciers. — Métallographie. — Les nombreuses communications présentées font prévoir l'application de plus en plus étendue de ces méthodes scientifiques d'investigation à la pratique des exploitations industrielles.

M. LE CHATELIER a traité de la technique de la métallographie microscopique, puis de l'examen métallographique des fers et aciers. M. L. GUILLET a fait l'étude des aciers spéciaux qu'il classe en aciers ternaires (alliages de fer, de carbone et d'un troisième corps ajouté intentionnellement) et en aciers quaternaires (alliages de fer, de carbone et de deux autres corps). M. ROBERT A. HADFIELD a étudié l'effet de la température de l'air liquide sur les propriétés mécaniques et autres du fer et de ses alliages. M. DELVILLE, Ingénieur à Angleur, a présenté une note sur l'influence du titane sur les fontes et aciers.

La double trempe des grosses pièces en acier forgé a été traitée par M. PIERRARD, Ingénieur en chef des Constructions maritimes.

L'électricité appliquée aux trains de laminoirs. — Cette question si importante a été traitée par M. L. CRÉPLET, Ingénieur de la Compagnie Internationale d'Électricité, à Liége. Pour que le débit demandé à la station centrale soit maintenu aussi constant que possible, il faut permettre à la vitesse du moteur du laminoir de varier. D'après M. Créplet, un moteur à courant continu à excitation compound dont l'extrémité de l'enroulement série est connectée avec une petite dynamo munie d'une excitation différentielle, permettrait d'obtenir les grandes variations de vitesse voulues. M. Meller, de Liége, aurait réalisé un moteur triphasé capable de développer sa pleine puissance à diverses vitesses avec un rendement et un facteur de puissance sensiblement constants.

Dans une note adressée au Congrès, M. ILGNER, Ingénieur à Vienne, a estimé qu'une usine disposant de hauts fourneaux ne devait pas hésiter à installer une station centrale électrique avec moteurs à gaz.

M. GOUVY a montré les économies énormes qui pouvaient, pour des usines disposant de hauts fourneaux, résulter de l'application des moteurs à gaz combinée au transport de force dans ces usines.

Le coupage et la soudure des métaux ont été traités par M. JOTTRAND, de Bruxelles, et M. FOUCHÉ, de Paris.

M. GOUVY rend compte ensuite des visites d'usines métallurgiques belges faites par les membres du Congrès. Il passe successivement en revue :

L'usine à zinc de la Société de la Vieille-Montagne, à Chênée ; les établissements Cockerill, à Seraing ; l'usine d'Ougrée, de la Société Ougrée-Marihaye ; l'usine de Montignies-sur-Sambre (Société de Sambre-et-Moselle); les Aciéries de Charleroi ; les Laminoirs de l'Espérance-Longdoz, à Liége.

M. Gouvy signale que toutes les aciéries tendent à l'utilisation complète des gaz de hauts fourneaux par des stations centrales électriques.

M. L. GUILLET fait observer que le procédé Gayley pour la dessiccation de l'air des hauts fourneaux va être employé sur le continent par trois usines, une française, une belge et une allemande.

Il signale que M. Le Chatelier, à propos de la communication de

M. Delville, a montré l'importance que présente l'azote dissous dans les aciers. D'après les travaux de M. Braune, 0,07 0/0 d'azote font tomber à 0 l'allongement primitivement de 25 0/0 d'un acier doux au carbone. L'action de l'azote expliquerait un grand nombre de faits métallurgiques, notamment la fragilité de certains aciers cémentés déjà signalée par M. Guillet à la Société des Ingénieurs Civils.

M. Guillet dit que le procédé de la double trempe est employé depuis longtemps et sur une grande échelle en France. A ce sujet, la communication de M. Pierrard n'a rien appris de bien nouveau.

Il insiste sur le rôle important du vanadium dans les aciers spéciaux, et particulièrement dans les aciers nickel-vanadium, ainsi qu'il l'a montré dans ses communications à Liège et, plus récemment, au meeting de septembre de l'Iron and Steel Institute.

Enfin, M. Guillet montre l'intérêt que présente le coupage des métaux par l'oxygène, procédé absolument nouveau et d'un intérêt général pour toute l'industrie.

M. le Président rappelle que M. Gouvy a rendu compte à la Société, il y a trois ans, de l'Exposition de Dusseldorf; il le remercie très sincèrement de sa communication. Il adresse aussi ses remerciements à M. Guillet pour ses observations, de nature à préoccuper les Ingénieurs qui travaillent l'acier et les Ingénieurs qui ont à rédiger des cahiers des charges.

M. Krieger a la parole pour sa communication sur *les Voitures électromobiles*.

M. Krieger commence par rappeler les premiers essais de traction électrique sur route. La première voiture qui fit un trajet convenable fut la voiture de M. Jeantaud, qui prit part à la course Paris-Bordeaux de 1895.

L'eclosion de la voiture électrique date du concours de fiacres organisé par l'Automobile-Club en 1898; grâce aux perfectionnements apportés dans la construction des moteurs et des accumulateurs, certaines des voitures engagées parcoururent 100 km et plus.

M. Krieger étudie les différentes parties de la voiture électrique. Il rappelle les inconvénients et les avantages que présente l'emploi d'un seul moteur (avec un ou deux induits) et de deux moteurs, dont l'excitation peut être soit série, shunt ou compound. Il examine les différents moyens employés pour transmettre la puissance du ou des moteurs aux roues, en mentionnant notamment la tentative faite par la Société d'Électromotion de monter directement le moteur sur la roue.

Parlant des accumulateurs, il montre qu'ils sont presque tous du type à oxydes rapportés, qu'ils peuvent supporter actuellement 200 charges et décharges, et il espère qu'ils en supporteront, dans un avenir prochain, 300.

M. Krieger signale que la consommation d'énergie par tonne kilométrique qui, en 1898, était de 65 watts-heure, à la vitesse de 15 km, restait la même en 1899, à la vitesse de 20 km, et est actuellement de 60 watts-heure, à la vitesse de 30 km.

M. Krieger décrit les voitures spéciales qui ont établi des records, ou

qui ont pris part aux concours des fiacres, en 1898-99-1900 (nombreuses projections). Il fait une rapide monographie des voitures actuellement construites par les différents constructeurs.

Il termine en parlant des voitures à pétrole à transmission électrique, et insiste sur les avantages que présente ce mode de transmission.

M. le Président demande quel est, pour ces voitures, l'effort de traction par tonne en palier, sur macadam sec.

M. Krieger répond que l'effort de traction, dans ces conditions, varie de 16 à 18 kg, rendement des engrenages compris.

M. le Président dit que ce chiffre lui parait extrêmement faible, et remercie M. Krieger de sa communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. P.-L. Boulant, G.-M. Duburguet, E.-V. Gunziger, J. Klopfenstein, E.-G. Martignoni, L.-A.-G. Mazellier, G. Müller. G.-J.-A. Rey, L. Strauss, K. Valais, comme Membres Sociétaires Titulaires; de :

M. F.-L. Le Guen, comme Membre Sociétaire Assistant, et de

M. S.-J. Barrellet, comme Membre Associé.

MM. E.-F. Bibas, A. Delagneaux, E.-L. Isambert, J. A. dos Santos, E. Lhonoré, A. Tisserant, G. Bourlat, E. F. Da Cunha sont admis comme Membre Sociétaires Titulaires, et

M. L. Lalande comme Sociétaire Assistant.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires techniques,
P. Schuhler.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DU

X^E CONGRÈS INTERNATIONAL DE NAVIGATION

MILAN, Septembre 1905

PAR

M. A. DE BOVET

Quand vous m'avez fait l'honneur de me désigner comme délégué de notre Société au Xe Congrès international de navigation qui devait se tenir à Milan, du 24 au 30 septembre, j'ai dû entrevoir que j'aurais quelque jour à venir vous rendre compte des travaux de ce Congrès: je ne prévoyais pas cependant que ce dût être si peu de temps, tout juste une semaine, après sa clôture.

Je suis persuadé que notre Président a eu les meilleures raisons du monde pour me demander de me hâter autant, mais comme je ne puis me faire la moindre illusion sur les conséquences d'une telle précipitation, j'ai bonne envie de le prier de se considérer comme un peu responsable de ce qu'aura nécessairement d'insuffisant l'exposé que je vais essayer de vous présenter.

Je rappellerai que c'est au cours du VIe Congrès de navigation intérieure, réuni à La Haye, en 1894, qu'il a été décidé de fusionner le Congrès de navigation intérieure avec celui des travaux maritimes et de les réunir, à l'avenir, sous le nom de Congrès internationaux de navigation.

A cette époque, les pouvoirs du Bureau d'un Congrès se continuaient jusqu'à la constitution de la Commission d'organisation du suivant.

C'est à Dusseldorf, en 1903, au cours du IXe Congrès, qu'a été décidée la création d'une association internationale permanente des Congrès de navigation, administrée par une Commission internationale et ayant son siège et son Bureau exécutif à Bruxelles.

Vingt-quatre États donnent à cette association des subventions annuelles dont le montant varie de 250 à 8 000 f. Le nombre de ses membres est actuellement de treize cent quarante et un,

y compris vingt collectivités dont la souscription annuelle est d'au moins 100 f; parmi celles-ci figure la Société des Ingénieurs Civils de France.

Je n'ai pas à insister sur les détails d'une organisation que vous connaissez bien puisque vous en faites partie; je n'ai voulu, en citant un chiffre ou deux, que montrer combien, pour jeune qu'elle soit, elle doit se sentir solidement assise.

Le Congrès de Milan est le premier qui ait été tenu sous la direction et par les soins de l'association internationale avec le concours d'une Commission locale instituée à Milan.

Pour ses débuts elle a, comme on dit aujourd'hui, battu au moins deux records, le nombre des adhérents au Congrès ayant dépassé notablement aucun de ceux atteints jusqu'ici (j'ai entendu citer le chiffre de deux mille trois cents) et le nombre des rapports publiés chacun en trois langues et remis aux adhérents avant l'ouverture de la session, s'étant élevé à cent dix-huit !

Il est facile de mesurer par ces chiffres la somme de travail qui est incombée, soit au bureau exécutif de Bruxelles pour la traduction et la publication de ces mémoires, soit à la commission locale de Milan pour la préparation matérielle du Congrès.

Les programmes des solennités de ce genre sont toujours établis sur le même modèle. En l'espèce celui-ci comportait :

Le dimanche soir 24, réception dans les locaux du Congrès, à la Villa Reale;

Le lundi matin, séance générale d'ouverture au Théâtre de la Scala;

Les lundi après-midi — mercredi matin et mercredi après-midi — vendredi matin, séances de section. Le vendredi après-midi, séance de clôture au Théâtre de la Scala suivie d'une réception par la municipalité dans le vieux palais Sforza.

Les journées du mardi 26 et du jeudi 28 étaient réservées à des excursions pour lesquelles les membres du Congrès, trop nombreux, ont été chaque fois divisés en deux groupes. Le 26, l'un des groupes a fait une excursion sur le lac de Côme tandis que l'autre ne faisant que traverser le lac allait visiter l'usine électrique de Paderno.

Le 28, un des groupes allait à l'usine de Vizzola, tandis que l'autre excursionnait sur le lac Majeur.

Enfin, après la clôture du Congrès, deux grandes excursions étaient organisées, du 30 septembre au 3 octobre, qui devaient

permettre aux congressistes d'aller, les uns à Gênes, la Spezzia et Naples, en faisant de Gênes à Naples le voyage par mer, et les autres visiter la vallée du Pô et la Lagune de Venise.

Au dernier moment, une troisième excursion a été organisée pour la journée du 30 octobre permettant aux plus pressés, dont j'étais, d'aller voir ce bijou qu'est la Chartreuse de Pavie, puis la ville de Pavie et l'embouchure dans le Tessin du naviglio de Pavia, canal qui joint cette ville à Milan.

Comme vous le voyez, messieurs, nos hôtes italiens avaient tenu à faire large part à leurs visiteurs et vous devinez, sans que j'aie besoin d'y insister, avec quelle parfaite bonne grâce ils l'ont faite. Vous ne manquerez pas de me dire que, dans ces conditions, il n'est pas surprenant que le nombre des adhérents au Congrès se soit enflé dans une proportion énorme. C'est, en effet, bien probable, mais je vous répondrai que c'est apparemment par intérêt pour les choses de la navigation et pour lui créer des amis plus nombreux que tant de braves gens ont dû se donner tant de mal.

Plus que jamais aussi, à l'énoncé du programme qui précède, peut revenir à l'esprit une réflexion souvent entendue : « Les » Congrès, sous prétexte de travail, ce n'est, en réalité, que » fêtes et promenades. » Cela ne manque pas d'une apparence de vérité, sans doute cela n'en a que l'apparence.

Prenons un exemple si vous voulez. Considérez trois cents et quelques congressistes, presque tous hommes, heureusement toutefois pas tout à fait tous. Ils se sont levés assez tôt pour prendre à 7 heures, à Milan, un train qui les mène à Côme où ils s'embarquent sur un bateau qui les doit conduire à l'autre pointe sud du lac, à Lecco. Là, par groupes d'une cinquantaine, ils passent du bateau à vapeur qui les a amenés sur des barques pavoisées, dans lesquelles on a mis des chaises et arrangé tant bien que mal des façons de tables pour qu'ils puissent manger le déjeuner froid contenu dans un panier qu'on vient de leur remettre, tandis que chacune des barques remorquée par un petit canot automobile va lentement descendre l'Adda, une rivière à peu près ignorée, puisqu'il n'y a pas de moyens pratiques d'y circuler hors les temps de Congrès, mais délicieuse. Ils s'en vont ainsi jusqu'en tête de la région des rapides d'où, les petits remorqueurs les ayant abandonnés, ils continuent à descendre la rivière au fil de l'eau, mais à bonne allure, pour s'arrêter à la prise d'eau de l'usine de Paderno. De là à l'usine,

1 km à pied, quelque peu laborieux par la chaleur, mais au bout desquels ils trouvent et l'usine et un lunch.

La visite ou le lunch terminés, embarquement dans de nouvelles barques, de nouveau descente au fil de l'eau, puis halage jusqu'à la nouvelle usine en construction à Trezzo; nouvelle visite, nouveau lunch et, enfin, retour en tramway à vapeur de Trezzo à Monza et en tramway électrique de Monza à Milan, où ils arrivent exactement à l'heure marquée par le programme, 8 heures un quart.

Il faut d'abord trouver, dans cette remarquable régularité au cours d'une journée aussi compliquée, la mesure de tout ce qu'il a fallu de zèle et de soins aux organisateurs pour que tout se passe si bien et comme de soi-même; mais, cet hommage rendu, il me sera peut-être aussi permis de trouver dans cette sèche énumération une mesure de ce qu'il faut d'endurance à un congressiste consciencieux pour affronter les plaisirs d'un Congrès.

Il y va cependant, le congressiste, sachant qu'il verra au cours de sa journée quantité de choses intéressantes, sachant surtout que ce lui sera une occasion de causer un peu longuement, de lier d'aimables relations avec ceux qui sont ses confrères en Congrès pour quelques jours, et qui, dans la vie normale, ont, les uns plus ou moins loin, les autres plus ou moins près de lui, les mêmes occupations et les mêmes préoccupations que lui, et que cependant il n'aurait guère occasion de rencontrer en dehors de ces réunions à longue périodicité. C'est là, je crois, un des grands bienfaits des Congrès, la vraie raison peut-être pour laquelle leur institution dans toutes les branches de l'activité humaine est devenue si vite si vivace. Quand tout cela se passe, comme c'était ici le cas, dans un cadre admirable, c'est double bénéfice, et j'imagine que pour ne pas se pratiquer suivant des rites d'apparence solennelle dans une forme sérieuse, pour ne pas dire rébarbative, ce n'en est pas moins de bon et d'utile travail, ne voyant pas pourquoi le travail devrait nécessairement avoir des allures tristes et compassées.

Vous aurez remarqué que les excursions organisées pendant la durée même du Congrès comportaient surtout la visite de stations centrales électriques: cela était assez naturel, dans une région prédestinée à la création d'industries de cette nature, et où elles ont pris effectivement un développement remarquablement rapide. Je n'ai pas cependant à insister sur celles que

nous avons pu voir, le sujet ayant été complètement traité devant vous par M. Semenza, dont la communicication a paru dans notre *Bulletin* du mois d'août dernier.

Mais j'imagine que beaucoup de congressistes n'ont pas pu ne pas remarquer au passage les canaux de cette partie de la Lombardie. Très anciens, créés à une époque où la navigation intérieure pouvait suppléer à l'insuffisance des routes avec des moyens qui ne lui permettent plus aujourd'hui de supporter la comparaison avec les chemins de fer, ils sont de petites dimensions et à faible tirant d'eau. Mal reliés au reste du pays tant que le Pô ne sera pas aménagé, ils ne donnent actuellement passage qu'à un trafic insignifiant. Ils restent intéressants, puisque, l'eau étant abondante, ils sont généralement du type que l'on a baptisé « canal mixte », où l'eau marche avec une vitesse assez faible pour ne pas créer un obstacle à la navigation, suffisante cependant pour qu'ils conservent un débit appréciable, et se prêtent, en même temps qu'à la circulation des bateaux, soit à l'irrigation, soit à la création, à côté de chaque écluse, d'une usine utilisant la chute de cette écluse. A coup sûr, de tels canaux ne sont pas partout possibles; ils le sont par places, et je m'explique mal la défaveur systématique dont ils sont l'objet chez nous.

J'en viens maintenant au travail proprement dit du Congrès.

Je n'aurais rien à dire de la séance d'ouverture, solennité à l'ordinaire de pure forme, si, pour la première fois je crois, les souverains du pays dans lequel nous nous réunissions n'avaient tenu à donner, par leur présence, un éclat exceptionnel à cette cérémonie, et à marquer ainsi de façon manifeste tout l'intérêt que le pays prenait aux questions touchant à la navigation.

Le Congrès était divisé en deux sections, la première ayant à s'occuper de la navigation intérieure, la seconde de la navigation maritime. Il n'était pas matériellement possible à une seule personne de suivre simultanément les travaux des deux sections, vous m'excuserez donc si je ne puis vous renseigner également sur l'une et sur l'autre, en attendant que paraisse le compte rendu complet.

Dans chacune des sections, conformément au règlement de l'Association, les matières rapportées étaient divisées en deux catégories :

1° Les questions sur lesquelles les sections étaient appelées à discuter et à formuler des conclusions. Il y en avait quatre pour chaque section.

2° Les communications, qui ne devaient venir en discussion que dans le cas où il resterait du temps disponible après examen des questions.

D'une façon générale, suivant une méthode déjà appliquée à Dusseldorf, l'ensemble des rapports faits par divers sur toute question ou communication est résumé par un rapporteur général, qui prend à tâche, en vue de faciliter l'examen en séance, d'en dégager les parties essentielles. Au nombre des rapports que j'indiquerai, il y a donc lieu d'ajouter chaque fois un rapport général.

Prenons successivement chaque section, étant bien entendu que je ne puis entrer dans l'examen de fond de chaque question, ce à quoi il faudrait consacrer plusieurs de vos séances.

I. — Navigation intérieure.

1° La première question était ainsi libellée :

De l'utilité et de l'organisation des transports mixtes, c'est-à-dire par chemins de fer et voies navigables. Cinq rapports.

Du moment que nous étions à peu près exclusivement entre représentants de la navigation intérieure, il est clair que la quasi unanimité ne pouvait avoir qu'un avis sur une telle question. Il y a toute apparence qu'au Congrès des chemins de fer, par exemple, on serait arrivé à des conclusions totalement différentes, mais vous ne serez pas surpris qu'un Congrès de navigation ait voté sans grande discussion la résolution suivante :

« Les contacts entre chemins de fer et voies navigables doi-
» vent être multipliés autant que possible par les moyens tech-
» niques administratifs et de tarifs propres à développer de plus
» en plus les transports mixtes. »

2° Le titre de la seconde question était :

Influence de la destruction des forêts et du dessèchement des marais sur le régime et le débit des rivières. Sept rapports.

Encore une question dont l'importance est évidente, mais sur laquelle, à des détails près, il est difficile de supposer que de grandes divergences de vues se puissent produire. La section a adopté une résolution ainsi libellée :

« Le Congrès reconnait que l'influence de l'assainissement des
» marais sur le régime des rivières est généralement presque

» négligeable, et, au sujet du déboisement des forêts, en limi-
» tant ses conclusions à ce qui peut directement intéresser la
» navigation, émet le vœu :

» 1° Que les États, qui ne l'ont pas encore fait, règlent par
» des lois claires et sévères les dispositions relatives au maintien
» des forêts existantes, à la consolidation des terrains en mon-
» tagne, et au reboisement des surfaces dénudées, afin d'éviter
» les dommages causés aux cours d'eau navigables par les maté-
» riaux de transport. 2° Que les études hydrologiques nécessaires
» pour déterminer l'influence des bois sur le régime des cours
» d'eau navigables soient développées d'une façon systématique,
» et que les résultats soient vulgarisés par la plus grande pu-
» blicité. »

3° La troisième question était :

Étude des systèmes propres à racheter les grandes chutes entre les biefs de canaux. Treize rapports.

La question est de grosse importance (le nombre des rapports en témoigne), maintenant que les canaux, pour pouvoir continuer à rendre des services à côté des chemins de fer, doivent manifestement s'outiller de façon plus parfaite que quand ils n'avaient qu'à suppléer à l'insuffisance des routes.

Après discussion, la section, considérant que, dans le domaine de la réalisation pratique, aucun fait nouveau n'était survenu, mais que cependant le concours de Vienne avait apporté d'importants éléments nouveaux, a estimé que le mieux serait de s'en référer pour partie aux conclusions du Congrès de Dusseldorf, sauf à accentuer son sentiment en ce qui concerne la probabilité de pouvoir voir appliquer avec succès des systèmes autres que des écluses et des ascenseurs verticaux; elle a, en outre, estimé qu'il y avait lieu de supprimer, dans le second paragraphe des conclusions de Dusseldorf, la partie relative aux échelles d'écluses, et ainsi conçue :

« Dans le cas de différences de niveau exceptionnelles à rache-
» ter sur une faible longueur, on possède pour les canaux à
» grand trafic, dans les échelles d'écluses doubles, un procédé
» très pratique quand l'alimentation est suffisamment abon-
» dante », et elle s'est ralliée à la résolution suivante :

« 1° Les écluses à sas restent les engins les plus simples et les
» plus robustes pour franchir les chutes des canaux. Les bassins
» d'épargne permettent de réduire notablement leur consomma-

» tion d'eau sans augmentation exagérée de la durée des éclu-
» sages. Il y a lieu d'encourager les études et les essais ayant
» pour but de diminuer encore cette durée et cette consomma-
» tion.

» 2° Le concours de Vienne a donné naissance à un grand
» nombre de conceptions très intéressantes. Le Congrès attache
» la plus grand importance à ce qu'une application en grand
» permette à l'expérience, seule juge en dernier ressort, de se
» prononcer sur leur valeur pratique relative, en prenant en
» considération la vitesse de marche des bateaux, la capacité
» de trafic des canaux, ainsi que la sûreté, la régularité et l'éco-
» nomie du service. »

Le premier paragraphe reproduit exactement le premier paragraphe des conclusions du Congrès de Dusseldorf.

Le second remplace le troisième paragraphe de Dusseldorf, qui était ainsi conçu :

« Les plans inclinés, appliqués seulement jusqu'ici à des ba-
» teaux de faibles dimensions, ont fait, pour des bateaux de na-
» vigation intérieure de fort tonnage, l'objet de propositions
» ingénieuses. Le Congrès émet le vœu qu'un essai pratique,
» comportant la construction et l'exploitation d'un de ces engins,
» soit effectué le plus tôt possible. »

Il y avait enfin, dans les conclusions de Dusseldorf, une phrase du paragraphe 2 qui disait, visant toujours le cas de grandes différences de niveaux à racheter sur une faible longueur :

« Si les ressources alimentaires font défaut, les ascenseurs ver-
» ticaux constituent une solution qui a la sanction de l'expé-
» rience. »

Par suite peut-être de quelque confusion dans la discussion, la section n'ayant pas à ce moment le texte précis sous les yeux, cette dernière phrase est restée en l'air; je pense, ceci n'est qu'un sentiment personnel, que personne ne se serait opposé à son repêchage (à coup sûr elle n'est pas compromettante), mais, en fait, le texte adopté en séance est exactement celui rapporté ci-dessus, en deux points : il figure tel quel au 7e Bulletin du Congrès, qui était entre les mains de tous les membres avant la dernière réunion de la section.

Comment est-il arrivé, à la séance plénière de clôture, qui n'est qu'une séance d'enregistrement, que le texte qui a été lu ait reproduit le paragraphe 2 de Dusseldorf en entier? J'imagine qu'une

réclamation *in extremis* aura été faite en faveur de la phrase relative aux ascenseurs et acceptée par le Bureau, et que tout le paragraphe aura du même coup été réintroduit par mégarde, quoique la section en eût positivement éliminé une partie. Je m'excuse du développement que je viens de donner à cet incident : cela m'a paru nécessaire pour le cas où, quand le compte rendu de la séance de clôture paraîtra, dans plusieurs mois, il contiendrait un texte différent de celui qui figure actuellement au Bulletin, et que je n'ai pu vous indiquer que tel qu'il résulte, à ma connaissance, des délibérations de la section.

Je m'en excuse d'autant plus que, pour les raisons que j'indiquerai plus loin, tout cela n'a, je crois, pas grande importance.

4° La quatrième question était :

Développement de la navigation intérieure au moyen de bateaux à petit tirant d'eau. Mode de construction et moteurs. Deux rapports seulement.

C'est là cependant une question intéressante, la lecture des rapports présentés suffit à en témoigner, mais fait regretter en même temps que les rapporteurs n'aient pas été plus nombreux de façon à fournir au Congrès des renseignements plus complets sur toutes les tentatives faites en ces derniers temps pour la construction des bateaux de cette catégorie.

Les rapporteurs, l'un d'eux surtout, ont du reste été très naturellement entraînés à chevaucher sur la question de la traction, difficile à séparer de celle qu'ils traitaient. Par ailleurs, de très nombreux (sept) et très intéressants rapports étaient présentés au Congrès, sous la rubrique : « Communications concernant l'étude économique et technique de la traction mécanique des bateaux sur les fleuves, les canaux et les lacs. »

Faute de temps, ils ne devaient pas pouvoir venir utilement à l'examen de la section : il en avait été de même déjà à Dusseldorf, et tous étaient à Milan unanimes à le regretter, de multiples applications, dépassant de beaucoup les limites de simples expériences, ayant été faites au cours des dernières années.

Dans ces conditions, la section a adopté la résolution suivante :

« Le Congrès, considérant les travaux remarquables publiés
» par l'Association sur la forme et la traction des bateaux fré-
» quentant les voies de navigation intérieure et l'importance
» primordiale de la question qui s'y rapporte, émet le vœu de
» voir le prochain Congrès mettre à son ordre du jour comme

» question la traction mécanique des bateaux et, occasionnellement, l'étude des formes et de l'utilisation des bateaux à petit tirant d'eau. »

Le prochain Congrès aura de ce chef une matière particulièrement intéressante à son ordre du jour étant donné tout ce qui a été fait dans ces toutes dernières années en vue de réaliser la traction mécanique des bateaux et tout ce qui ne manquera pas de s'y ajouter d'ici à 1908, puisque le Congrès se réunit maintenant tous les trois ans.

C'est actuellement la traction au moyen de moteurs électriques circulant sur le chemin de halage, ou pour mieux dire sur un chemin installé sur la berge, qui a toute la faveur des inventeurs. Il n'est pas inutile de rappeler que c'est en France qu'ont été faites les premières applications des procédés de cette espèce.

Au début, on avait adopté un véhicule roulant sur le chemin de halage, on le fait maintenant circuler sur rails : à Milan, hors séance du Congrès, M. L. Gérard a pu donner à ceux qu'intéresse cette question de très curieux détails (avec de fort belles projections photographiques et cinématographiques) des derniers essais faits en Amérique avec des moteurs puissants, 45 ch, roulant sur voie spéciale pour traîner à de grandes vitesses des charges assez faibles dans des bateaux de formes massives. Si je veux ici m'abstenir de toute appréciation, la matière n'ayant pu être discutée, j'en aurai dit assez, du moins, pour vous montrer tout l'intérêt qu'elle présentera.

Après examen des questions figurant à son ordre du jour, la section était arrivée au bout du temps dont elle disposait. Tout au plus a-t-elle pu entendre quelques mots au sujet d'une communication relative à l'hypothèque des bateaux de navigation intérieure (trois rapports) et exprimer unanimement l'avis qu'il serait désirable de voir les divers gouvernements organiser un régime hypothécaire pour ces bateaux. Je rappellerai qu'en France, il y a plusieurs années, un projet de loi sur la matière a été préparé.

J'ai déjà dit que la communication sur la traction mécanique n'avait pu venir à l'examen, il en a été de même des autres communications ainsi libellées :

1° Étude des moyens de réaliser une jonction par voie d'eau intérieure à travers les Alpes entre la Méditerranée, l'Adriatique et l'Europe Centrale.

Un rapport.

2° Les fleuves coulant au sud des Alpes ont-ils des caractères et présentent-ils des conditions hydrauliques tels qu'il serait impossible d'y établir des barrages mobiles comme ceux en usage dans les fleuves du Nord, à l'effet de relever le niveau des basses eaux et de réaliser le mouillage nécessaire à la navigation ?

N'a pas trouvé de rapporteur.

3° Étude des effets produits par l'ouverture des canaux de navigation sur le régime des eaux souterraines.

Un rapport.

4° Résultats obtenus par le dragage sur les seuils des rivières; organisation technique et administration des travaux exécutés à cet effet.

Cinq rapports.

Je dois signaler, en outre, une fort intéressante conférence faite hors séance, par M. Cuénot, sur les essais de régularisation entrepris dans la Loire.

II. — **Navigation maritime.**

Il y avait, comme pour la navigation intérieure, quatre questions à l'ordre du jour du Congrès :

1° La première concernait : « L'amélioration de l'embouchure » des fleuves débouchant dans les mers sans marée. »

Sept rapports.

Les conclusions de la section sont :

« Le système des môles est recommandable tant que la dis- » tance entre la barre et la rive ne cause pas d'excessives dé- » penses. En cas contraire, et surtout pour des deltas bien con- » solidés depuis des années, le système des dragages, surtout » après l'adoption des dragues suceuses, offre une excellente » solution du problème, à la condition que l'importance du trafic » justifie les dépenses exigées par ces dragages.

» Dans le cas où aucun de ces systèmes ne serait convenable, » le système du canal latéral, avec son entrée placée en dehors » de l'action du delta, offrirait une solution simple et certaine. »

2° La deuxième question était :

Progrès dans les moyens de propulsion des navires. Conséquences au point de vue des chenaux et des ports.

Six rapports.

La section a émis l'avis « que, dans l'état actuel de la tech-
» nique, les progrès réalisés dans les moyens de propulsion des
» navires n'influent pas sur les dispositions des chenaux et des
» ports. »

3° L'énoncé de la troisième question était :

Exposé des divers modes d'exploitation et d'administration des ports maritimes. Leur influence sur le développement du trafic.

Cinq rapports.

Après une discussion animée, et après avoir pris connaissance des divers modes d'administration des ports maritimes dans les différents pays, la section arrive à la conclusion :

« Que tout système d'administration qui favorise la prospérité
» du port et le développement du trafic est bon pourvu que
» l'administration elle-même soit bonne. »

4° Il y avait enfin une quatrième question :

« Construction des môles extérieurs des ports en ayant égard
» à la puissance des vagues auxquelles ils doivent résister. Éva-
» luation de cette puissance. »

Dix rapports.

Les conclusions de la section ont été :

« La puissance des vagues et les efforts essentiellement dyna-
» miques qu'elles exercent sur les môles extérieurs ont échappé
» jusqu'ici à toute mesure précise.

» Les effets de destruction des ouvrages à la mer sont dus à
» une répétition d'efforts dynamiques qui, de même, n'a pu être
» jusqu'à aujourd'hui déterminée.

» Dans les projets de nouveaux ouvrages à la mer, l'Ingénieur
» trouvera les indications les plus précieuses dans l'examen des
» ouvrages existants, en tenant compte comparativement du
» régime de la houle au large, du tracé des rivages et de l'allure
» des fonds aux approches du port, et de toute autre circons-
» tance capable de lui donner d'utiles éléments d'appréciation.

» Le Congrès s'en réfère aux renseignements qui lui ont été
» fournis tant dans les rapports écrits que dans les observations
» orales : il estime que les Ingénieurs y trouveront des indi-
» cations précieuses pour la construction des môles, eu égard
» à la puissance des lames, mais ne croit pas pouvoir, en raison
» de la grande diversité des cas, formuler des conclusions ab-
» solues. »

En outre des questions portées à son ordre du jour, la section de navigation maritime a reçu sous la rubrique « communications » un grand nombre de rapports portant :

1° Sur la progression rapide des dimensions des navires à vapeur et à voiles. Leur immersion. Conséquences pour les ports, chenaux et accès.
Trois rapports.

La section estime qu'il serait opportun de maintenir cette matière à l'ordre du jour du prochain Congrès.

2° Sur l'emploi des combustibles liquides pour la navigation.
Un rapport.

La section est d'avis « que les moteurs à pétrole pour la na-
» vigation pour des forces entre 100 et 500 ch peuvent et doi-
» vent être appliqués en plus grande mesure. »

3° Sur le transport des marchandises par les ferry-boats.
Trois rapports.

4° Compte rendu des travaux les plus récemment exécutés dans les principaux ports maritimes.

Il s'agit ici de renseignements positifs; la matière ne comportait pas et il n'a pas eu, en effet, de rapport général, mais cela a naturellement provoqué de nombreux mémoires (treize) représentant des documents d'un haut intérêt.

5° Sur la responsabilité des propriétaires de navires à l'égard des particuliers et des administrations publiques.
Deux rapports.

La section exprime le vœu que les États prennent des accords aussi tôt que possible pour créer une législation uniforme.

6° Sur les signaux des côtes. — Bateaux-phares. — Télégraphie sans fil.
Quatre rapports.

Vous voudrez bien, messieurs, excuser les lacunes que peut présenter ce résumé, à raison de ce que la publication du Bulletin journalier du Congrès a cessé avant d'avoir pu donner le procès-verbal sommaire de la dernière séance des sections.

Le compte rendu complet des discussions paraîtra dans peu de mois, je ne puis mieux faire que de m'y référer.

L'énumération qui précède suffit, du moins, à vous donner une idée de la quantité, de la variété et de l'importance des

documents dont le X[e] Congrès de navigation a provoqué la publication.

Si, d'un côté, on considère leur nombre et leur valeur, si, d'un autre côté, on examine les conclusions auxquelles leur étude a amené le Congrès, on reste quelquefois déconcerté : et je pense que ce phénomène n'est pas spécial aux Congrès de navigation.

Les rapports présentés ont — s'il ne m'est pas permis de dire toujours, je puis hardiment dire presque toujours — une réelle valeur, ils constituent, par leur lente accumulation au fur et à mesure que les Congrès se succèdent, une mine singulièrement riche de documents précieux.

Les conclusions, elles, sont générales, vagues, si j'osais je dirais inconsistantes et on se donne d'ordinaire dans les sections quand il s'agit de les rédiger, beaucoup de peine pour qu'elles restent telles.

Il est assez facile de se rendre compte que cela est inévitable.

Considérez une quelconque des questions portées à l'ordre du jour d'un Congrès, de préférence une question importante et difficile, de celles, par conséquent, sur lesquelles les opinions sont très diverses. La section dispose, pour l'examiner, de quelques heures, pas beaucoup, je dis quelques, parce que cela va dans les grandes circonstances jusqu'à deux à trois. Afin que chacun puisse dire son mot, le règlement dispose que personne ne pourra prendre la parole plus de deux fois, ni plus d'un quart d'heure sur un même sujet. Grâce à la publication préalable d'un assez grand nombre de rapports, cette manière de faire peut et même doit provoquer quantité d'observations et d'objections de valeur. Le compte rendu sténographique des séances a toutes chances de devenir quelque chose comme une illustration intéressante de la matière contenue dans les rapports ; il me paraît de toute évidence qu'elle ne saurait, en général, provoquer un accord entre des opinions antérieurement divergentes, et, voulût-on y consacrer un beaucoup plus grand nombre d'heures, le résultat resterait apparemment le même.

Cela me paraît absolument vrai, tout au moins pour les questions techniques.

Dans la vie de tous les jours, quand il s'agit d'exécuter un ouvrage, ne voyons-nous pas que celui qui en a la charge choisit, sous sa responsabilité, dans les diverses propositions qui lui

sont faites celle qui lui convient sans entreprendre de mettre là-dessus d'accord les auteurs d'offres diverses?

Comment donc pouvoir espérer voir se réaliser un tel accord quand il s'agit de discussions purement objectives?

Il est parfaitement concevable qu'on demande, par exemple, à un Congrès si ses membres ne sont pas d'avis qu'il serait avantageux de voir organiser dans les divers pays un régime pour l'hypothèque des bateaux de navigation intérieure. Ce n'est peut-être déjà plus à un Congrès qu'il faudrait demander de se prononcer sur le détail de cette organisation.

Encore moins, je crois, faut-il lui demander un avis sur des questions purement techniques, sans même arriver à le prier de se prononcer, par exemple, sur le meilleur système de pompes ou de chaudières.

Et je pense qu'il n'est pas paradoxal de soutenir qu'en général les Congrès feraient sagement de s'astreindre à ne pas voter de résolutions dans la plupart des questions qui sont portées à leur ordre du jour.

Cela n'enlèverait rien ni à la valeur des rapports ni à celle des discussions, et c'est, en somme, dans ces rapports, dans ces discussions dont il reste une trace permanente où chacun peut aller se former par lui-même l'opinion que lui dictera son tempérament propre, et aussi dans le contact périodique entre des hommes s'occupant des mêmes choses que les Congrès trouvent leur réel intérêt, et leur véritable raison d'être.

Quoi qu'il en soit de cette question, un fait certain se dégage des indications que j'ai données, soit au sujet du nombre des adhérents au Congrès, soit relativement à la quantité de mémoires dont il a provoqué la publication, c'est l'intérêt toujours croissant avec lequel sont suivies les questions concernant la navigation, aussi bien la navigation intérieure que la navigation maritime.

Elles se trouvent l'une et l'autre dans des conditions bien différentes. La seconde évoluant dans un domaine qui lui appartient en propre n'a à se préoccuper que de la technique des procédés qu'elle met en œuvre. La première a connu des fortunes diverses : après avoir représenté pendant des siècles le moyen de transport par excellence, elle s'est vu contester jusqu'au droit à l'existence après la création des chemins de fer ; depuis. la faveur lui revient, mais controversée.

Il est clair qu'il lui faut aujourd'hui améliorer ses procédés

de jadis et rechercher les parcours suivant lesquels elle peut appliquer ces procédés améliorés; mais de ce que, pour prendre un exemple dans un remarquable discours prononcé au récent Congrès des chemins de fer, les canaux de l'État de New-York (entendez le canal Erié) ne transportent plus aujourd'hui que les quatre cinquièmes du tonnage qu'ils portaient en 1860 — cela représente encore tout près de quatre millions de tonnes — faut-il conclure à une décadence latente et irrémédiable? Ne faudrait-il pas plutôt considérer que, le canal Érié étant encore maintenant ce qu'il était quand il a été construit et n'ayant reçu aucune amélioration, si son tonnage n'a pas diminué davantage malgré une concurrence singulièrement active, c'est que les voies navigables peuvent encore rendre de réels services?

Sont-elles destinées à être et à rester les auxiliaires des chemins de fer? Il y a, je crois, quelque naïveté à vouloir le démontrer à ceux-ci, et surtout à s'attendre à ce qu'ils en conviennent. Le but final d'une entreprise de chemins de fer, comme de toute autre entreprise industrielle, est la réalisation d'un bénéfice; et il est tout simple que, comme les autres aussi, elle tente de l'obtenir en se conformant à la loi naturelle du travail minimum, ce à quoi toute concurrence vient faire obstacle. Ce n'est donc pas à leur point de vue qu'il faut se placer pour répondre à la question, mais bien à celui du commerce qui recherche, à la fois, le maximum de facilités et le minimum de prix de transport: et la réponse alors ne sera pas douteuse.

Sans rouvrir, sur cette matière, une discussion déjà bien souvent recommencée, j'en trouve une preuve intéressante dans un des rapports adressés au Congrès. C'est encore d'Amérique qu'elle nous vient, de ce pays où l'on est si peu porté à substituer l'intervention de l'État aux initiatives privées et où, cependant, l'État de New-York vient de décider de consacrer, sur les fonds publics, une très grosse somme à l'amélioration du canal Érié; où, d'après l'auteur du rapport, il faut considérer comme probables dans quelques cas, comme certaines dans quelques autres, des interventions analogues pour la réalisation de nouveaux canaux, en petit nombre il est vrai, mais conçus avec une belle ampleur.

Cet exemple, d'autres que je pourrais citer, des raisons nombreuses et bien souvent dites, permettent de penser que l'intérêt général est mieux servi si des voies navigables, là où elles peuvent être bien placées, viennent, disons pour accommoder

tout le monde, aider ou concurrencer le chemin de fer. Et c'est là, sans doute, le motif de la faveur renaissante qui s'attache aux choses de la navigation intérieure; là aussi, probablement, la raison pourquoi les Italiens, non contents d'assurer aux congressistes l'accueil gracieux et aimable qu'ils savaient devoir trouver près d'eux, ont marqué un vif intérêt pour les travaux du Congrès et une réelle satisfaction de le voir se réunir dans leur pays.

Au bout du compte, c'est chez eux que Léonard de Vinci a créé l'écluse, et comme insigne de ce Congrès de navigation intérieure et maritime, ils nous avaient distribué une fort belle médaille à la double effigie de ce grand homme et de Christophe Colomb. Ce sont choses qui leur sont depuis longtemps familières et auxquelles il leur faudra, quand ils le voudront, non se mettre, mais seulement se remettre; ils y paraissent fort disposés, envisageant déjà la communication de Venise avec le fond du lac Majeur au pied des Alpes, voire même une voie à créer de la Méditerranée à l'Adriatique, à travers les Apennins, voie qui, depuis une centaine d'années, a fait l'objet d'au moins sept projets, le dernier datant de 1889, le premier étant du à l'initiative du comte Chabrol de Volvic, alors préfet de Cairo-Montenotte.

Ce sont là de vastes pensées et les commencements, sans doute, seront plus modestes, mais qui sait si les travaux du Congrès n'auront pas aidé à provoquer le groupement des initiatives et des bonnes volontés nécessaires pour pouvoir commencer quelque chose? J'en ai entendu exprimer l'espoir.

ÉTUDES, OBSERVATIONS, ESSAIS & RECHERCHES

SUR LES

GAZOGÈNES A COMBUSTION RENVERSÉE, ETC.

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

ANALYSE

PAR

M. J. DESCHAMPS

Dans la première partie de son mémoire, M. Lencauchez étudie les gazogènes qu'on a imaginés dans ces dernières années, pour l'emploi de combustibles autres que l'anthracite, et la fabrication de gaz assez purs pour être utilisés dans les moteurs à gaz.

Il examine d'abord les gazogènes à deux combustibles, dont l'origine remonte, selon lui, à Ebelmen, et il cite particulièrement le gazogène Riché.

M. Lencauchez affirme que le gaz produit est très pauvre, autant que celui des hauts fourneaux. Il attribue ce phénomène au type de gazogène, à l'emploi de deux combustibles. Est-ce bien au type de gazogène plutôt qu'au type de combustible qu'on doit la faiblesse du pouvoir calorifique du gaz obtenu? On brûle, en général, dans ces appareils, des déchets de bois, ou de mauvais combustibles, qui conviennent mal pour fabriquer du gaz riche en gaz à l'eau.

Il remarque, ensuite, que, si l'on est obligé de brûler, dans une partie du gazogène, du coke, alors que, dans l'autre, on brûle le combustible dont on poursuit surtout l'emploi, les proportions de coke utilisé sont très faibles.

Ebelmen avait indiqué que 92 0/0 de bois, en poids, pouvaient être utilisés contre 8 0/0 de coke ou de charbon de bois.

A Anzin, avec un gazogène à deux combustibles d'un type, il est vrai, différent, M. Lencauchez emploie 20 à 25 0/0 de coke contre 80 à 75 0/0 de houille longue flamme.

Enfin, d'observations récentes, M. Lencauchez dit qu'il semble résulter que, dans des gazogènes Riché, la consommation de coke peut descendre à 4 0/0.

Il explique ce chiffre excessivement bas par ce fait qu'une partie du bois, surtout s'il est sous forme de sciure, est entraînée dans le coke, comme menus débris de charbon de bois, que c'est ce charbon-là qui joue le rôle le plus actif comme réducteur, protégeant, ainsi, le coke qui est employé en quantité réduite.

M. Lencauchez constate que, « dans les gazogènes de ce sys-
» tème, qu'il a vus fonctionner au bois, les goudrons ne sont pas
» détruits en totalité, car on les voit couler en abondance des
» laveurs épurateurs, filtreurs à mousse, etc. Ils arrivent en
» quantité notable au moteur qui, malgré ceci, marche parfaite-
» ment bien. D'où il faut conclure de cette observation, qu'en
» consommant très peu de coke on ne détruit pas les goudrons,
» mais on les modifie très heureusement, puisque la modifica-
» tion produite assure une bonne marche industrielle aux mo-
» teurs à gaz. »

Il ajoute plus loin que : « le goudron ainsi modifié reste fluide,
» ne donne pas de coke de goudron collant et bloquant les sou-
» papes d'admission de gaz », et qu'il croit que : « ce bon résul-
» tat est à signaler et à faire connaître, vu son importance in-
» dustrielle et commerciale ».

Le chapitre suivant est réservé à l'étude des gazogènes à combustion renversée, qui ont été perfectionnés dans ces derniers temps, en France, par M. Chavanon et par moi-même, mais auxquels on peut trouver, notamment en Allemagne, beaucoup de précédents.

M. Lencauchez signale notamment que :

« Ces appareils donnent aussi un gaz très pauvre, voisin de
» qualité de celui des hauts fourneaux. S'ils ont l'avantage de
» n'employer qu'un seul combustible, ils ont le défaut de pro-
» duire beaucoup de braises et d'escarbilles à repasser extraites
» des résidus d'une première combustion. »

A mon avis, la qualité du gaz dépend surtout du combustible employé et, quand un gazogène à flamme renversée est bien conduit, on peut ne pas repasser du tout d'escarbilles dans la cuve. C'est ainsi que fonctionnent des appareils que j'ai installés.

M. Lencauchez, discutant point par point une communication que j'ai faite, en septembre 1903, sur des expériences de gazo-

gène à flamme renversée, et parlant des essais de M. Chavanon, à Saint-Gobain, signale, comme dans le chapitre précédent, la qualité spéciale des goudrons provenant des gazogènes à deux cuves ou à flamme renversée.

« En résumé, on peut dire que, si Ebelmen a obtenu, en 1842, » la destruction radicale des goudrons, MM. Riché, Chavanon, » Deschamps les détruisent partiellement, en les modifiant sou- » vent heureusement, au point de ne plus entraver la bonne » marche des moteurs à gaz bien construits, ce qui est le prin- » cipal au point de vue industriel et commercial. »

Il fait ensuite une remarque très juste et très intéressante sur la diverse qualité des goudrons. C'est que des anthracites, contenant une quantité infime de produits volatils, collent quelquefois les soupapes au point d'en briser les tiges, tandis que des combustibles très riches en produits volatils donnent des quantités beaucoup plus importantes de goudron, telles qu'on peut même voir couler celui-ci des soupapes des moteurs, sans que la bonne marche de ces machines soit sérieusement influencée, si les soupapes sont bien disposées.

M. Lencauchez discute ensuite la disposition spéciale de l'entrée de l'air au centre du gazogène, qui est la carctéristique de mes gazogènes à flamme renversée. Il reconnaît que lui-même a cherché, dans la plupart de ses appareils, à faire les injections d'air centrales, ainsi que les prises de gaz, mais il fait observer que, quand le combustible est menu, il offre ainsi des résistances qui croissent rapidement avec son état de division et s'opposent au passage de l'air.

« L'introduction centrale de l'air primaire et la prise de gaz » centrale ne donnent de bons résultats qu'à la condition d'avoir » une allure modérée, et la marche par combustion renversée ne » peut modifier la résistance au passage des gaz pour un com- » bustible donné et une hauteur de charge déterminée. »

Il est évident qu'avec des combustibles offrant une grande résistance on ne peut pas aspirer d'une façon trop énergique, sans quoi le vent se fait un chemin au travers du combustible, au détriment de la qualité du gaz.

On est donc obligé de faire marcher les gazogènes avec des charbons menus ou tout-venants à plus faible allure qu'avec des charbons criblés. C'est surtout vrai quand le charbon tend à coller.

M. Lencauchez discute ensuite une question d'un haut intérêt

pratique, qui est celle de l'emploi dans les gazogènes des charbons qui gonflent et collent. Il dit :

« En ce qui concerne la formation des blocs de coke dans les » gazogènes et des voûtes ou gros bouchons de coke dans les » gazogènes à cuve, on peut dire qu'il est impossible de s'y opposer autrement que par un piquage continuel, des plus pénibles et des plus coûteux, pour des charges de faibles épaisseurs, toutes conditions produisant un gaz de très médiocre » qualité, et la combustion renversée ne saurait s'opposer à » l'agglomération naturelle des houilles dites à coke. »

Il est certain que, dès que la température tend à souder des charbons qui augmentent beaucoup de volume en se cokéifiant, l'air ne peut plus passer au travers du combustible, le débit du gazogène diminue beaucoup, la température de la combustion est très réduite, et la qualité du gaz s'en trouve singulièrement atteinte.

Cependant, jai expérimenté industriellement que, si l'introduction d'air se fait au centre du gazogène, alors que le combustible ne parvient à son niveau qu'après avoir été assez longuement chauffé, et avoir pu être transformé en grande partie en coke, on ne rencontre pas les inconvénients signalés ci-dessus, ou, du moins, ils sont très atténués.

Enfin, toujours discutant mes conclusions, il parle de la formation des mâchefers. Il est, en somme, d'avis que ceux-ci sont d'un départ plus facile quand l'admission de l'air et le départ des gaz se font au centre.

« Pour ce qui concerne l'adhérence des mâchefers aux parois, » on peut dire que celle-ci a deux causes principales, qui sont :

« 1° La marche à outrance, pour un combustible qui, malgré » l'introduction centrale de vent et la prise centrale du gaz, » s'oppose à une filtration exagérée. Alors, une combustion partielle se fait contre les parois de la cuve, et, si les cendres du » combustible gazéifié sont fusibles, elles forment des mâchefers » adhérents; la combustion renversée ne saurait être un remède » contre une marche à outrance, exagérée pour un combustible » donné;

» 2° La nature, au point de vue chimique, des cendres, qui » sont plus ou moins fusibles et plus ou moins ferrugineuses; » ainsi, avec certaines cendres, il n'y a pas production de mâchefers, celles-ci étant réfractaires. Avec d'autres cendres, un » peu plus fusibles, il suffit d'injecter 300 à 400 g de vapeur dans

» le vent, par kilogramme de houille, pour s'opposer à la fusion » des cendres, en faisant un excellent gaz, riche en gaz CO » et H. »

Il résume ainsi les deux chapitres :

« Comme conclusion, on peut dire que la destruction radicale » des goudrons n'est possible que par le procédé Ebelmen de » 1842, que nous pratiquons avec grand succès à Anzin, avec » quatre grands gazogènes gazéifiant, depuis quinze ans, 15 t » de combustible par jour, trois quarts de houille et un quart » de coke; donc, comme on le voit, le principe de la destruc- » tion industrielle des goudrons par la chaleur remonte à soixante » et un ans et ne saurait être considéré aujourd'hui comme une » nouveauté. »

Dans les pages qui suivent, M. Lencauchez parle de gazogènes à double combustion, qui, selon lui, donnent du gaz de même qualité que les appareils à flamme renversée. Il signale le gazogène Lerouge et Fornas et C[ie], qu'il a examiné de très près et qui fonctionnait au bois à l'Exposition agricole de 1904.

« Dans ces appareils, l'air primaire est soufflé ou aspiré par » le haut, comme dans le cas des gazogènes à combustion ren- » versée, et simultanément soufflé et aspiré par le bas, comme » dans les gazogènes ordinaires; le gaz s'échappe de ces » gazogènes à double combustion, à mi-hauteur, par le ventre de » la cuve (ces appareils sont presque tous cylindriques), dans » une galerie circulaire disposée pour ne pas être encombrée » par le combustible. »

En décrivant le gazogène Abel, suivant une communication de la Gasmotoren Fabrik de Deutz, il a fait une très remarquable observation au sujet des chaudières placées à la partie supérieure de certains gazogènes et constituant une partie de la chemise où se fait la combustion.

« Aujourd'hui, pour l'emploi des combustibles très cendreux » et très pyriteux, il me semble qu'un foyer de gazogène, qui » serait entièrement métallique et générateur de vapeur, ren- » drait de très grands services, en faisant radicalement dispa- » raître l'adhérence des mâchefers; un tel foyer, disposé avec » cendrier à joint hydraulique, conviendrait bien certainement » pour les plus mauvaises houilles. On pourrait donner à ces ga- » zogènes une plus grande activité que celle connue aujourd'hui, » puisqu'on n'aurait plus à craindre la fusion des briques même » extra-réfractaires de nos foyers actuels. »

Je m'associe avec d'autant plus de plaisir à ces conclusions, qui semblent un testament, que tout récemment la maison Krupp a construit un gazogène Turck, imaginé en partie sur ce programme, et que moi-même j'ai créé un gazogène absolument du type préconisé par M. Lencauchez, et que j'applique précisément à l'emploi du mauvais charbon.

M. Lencauchez abandonne, dans le chapitre suivant, la critique des gazogènes, pour une très intéressante : « Étude du calorique perdu par les gazogènes ».

« A première vue, il semble que les gazogènes doivent perdre » une grande quantité de calorique et cependant il n'en n'est » rien, car les appareils bien construits ne perdent que 20 à » 15 0/0 du calorique total que renferment les combustibles » qu'ils gazéifient ; d'un autre côté, l'utilisation des 20 0/0 per- » dus par les gazogènes au coke se réduit à 11 et 12 0/0 au plus, » si les gazogènes sont soufflés au jet de vapeur, introduisant » dans le vent 1 kg de vapeur par kilogramme de carbone ga- » zéifié.

» Avec l'anthracite, le gaz s'échappe d'un bon gazogène à une » température telle qu'elle ne peut provoquer la fusion du plomb ; » ainsi une rondelle en plomb collée sur le tuyau de sortie du » gaz et aussi collée contre la paroi extérieure du gazogène, en- » tourée d'amiante et d'autres matières calorifuges (pour s'op- » poser à toute déperdition de calorique), n'est pas fondue ; cepen- » dant le contact est parfait.

» Si au lieu de l'anthracite les gazogènes sont chargés de bois » de tourbe ou de lignite, à 25 et 40 0/0 d'eau hygrométrique » et de constitution, les gaz peuvent tomber, à leur sortie de » leurs gazogènes, à la température de 250, 200, 150, 100 degrés » et même de 85 degrés, température extrême au-dessous de la- » quelle il se produit de la condensation qui donne de l'eau gou- » dronneuse qui retombe dans les gazogènes.

» De sorte que les récupérateurs à la suite des gazogènes, re- » çoivent des gaz sur des parois plus ou moins encrassées à basse » température et ne produisent rien en pratique industrielle. »

Il cite et décrit ensuite un gazogène qu'il avait étudié pour employer au mieux la chaleur entraînée par les gaz et où il reconnait que :

» La chaudière ne consommait pas d'eau, donc ne produisait » pas de vapeur, le gazogène faisait un gaz très riche à 27 0/0 » d'oxyde de carbone et à 18 0/0 d'hydrogène à 1 520 calories

» au mètre cube, ramené à 0 degré et à 760, mais les 4/5 de cet
» hydrogène étaient dus à la décomposition de la vapeur d'eau
» donnée par l'évaporation du cendrier du gazogène alimenté
» d'eau à niveau constant. »

La conclusion est la suivante :

« Je donne cet exemple d'un appareil très complet et très bien
» exécuté sous tous les rapports, pour démontrer le peu d'effet
» utile donné par la récupération des chaleurs perdues des ga-
» zogènes, afin de prévenir mes collègues du peu d'intérêt que
» présente ce genre de récupération. »

En pratique industrielle, il recommande de réchauffer progressivement de l'eau en faisant circuler celle-ci en sens contraire du gaz dans trois ou quatre colonnes à coke, pour saturer de vapeur l'air primaire destiné au gazogène avec de l'eau à 85 ou 90 degrés. Il estime que c'est là le meilleur moyen d'utiliser la chaleur et d'épurer le gaz.

Le dernier chapitre relatif aux gazogènes traite des combustibles difficiles à gazéifier et des procédés les plus convenables.

Il parle de trois espèces de combustibles, d'abord des houilles grasses collantes :

« Quand on veut les employer dans les gazogènes, il faut les
» dépoussiérer, les charger sous très faible épaisseur et piquer
» continuellement, aussi ces houilles qui réclament une main-
» d'œuvre coûteuse donnent-elles presque toujours du gaz détes-
» table, renfermant souvent plus de fumée (gaz brûlés) que de
» gaz combustible. A l'état de poussiers, ces houilles se prennent
» en masse et font des voûtes de coke sous lesquelles le gaz
» brûle en pure perte.

» Certains autres combustibles pyriteux à cendres très ferrugi-
» neuses forment continuellement des blocs et des voûtes de
» mâchefer... Quand ces combustibles dépassent une teneur de
» 15 0/0 de cendre, on ne peut rien en faire de bon, malgré le
» très grand bon marché auquel ils sont offerts.

» Enfin les poussiers de houille maigre, de coke, d'anthracites
» (d'anthracite à 2 0/0 de cendre) ne peuvent être gazéifiés
» même sous des pressions de vent de 0,600 m d'eau. Mêlés à
» de bonnes houilles gazeuses à 35 0/0 de matières volatiles, des
» meilleurs types du Pas-de-Calais, pour gazogène, les poussiers
» des meilleures qualités d'anthracites anglais refusent de brûler
» dans les 9/10 des gazogènes et on les retire des cendriers tels
» qu'on les a chargés en apparence, car ils ont seulement dis-

» tillé les 6 à 10 0/0 des matières volatiles qu'ils renferment. »

Au sujet de ces derniers combustibles, il donne une très intéressante description d'un gazogène qu'il a imaginé, il y a, paraît-il, près de quarante ans, qui ressemble étonnamment à celui que construit actuellement M. Hovine et qui est bien préférable, à mon sens, en ce que la colonne à coke est parcourue de bas en haut par le gaz à réduire, les cendres pouvant s'évacuer par en bas.

Autour de cette colonne, sont disposés six ou huit foyers avec grille américaine, soufflés à basse pression et où les combustibles pulvérulents peuvent être brûlés.

Évidemment, ainsi que le reconnaît M. Lencauchez, la main-d'œuvre, avec grilles, est très élevée, mais elle n'est pas plus grande que sur une grille de chaudière, et la combustion, en gazogène, donne de bien meilleurs résultats parce que, si des cheminées se forment au travers du combustible pulvérulent, l'air qui traverse va brûler dans le coke les poussières entraînées.

Le rappel de cet ancien brevet fait le plus grand honneur à M. Lencauchez, qui a toujours su prévoir les solutions les meilleures et n'a eu souvent que le tort d'avoir les bonnes idées à des époques prématurées.

L'étude de M. Lencauchez sur les moteurs à gaz se rapporte presque uniquement aux phénomènes de la combustion des gaz dans le cylindre et aux dispositifs qu'il a imaginés, pour améliorer cette combustion, la rendre plus complète et plus rapide.

Dans les premiers chapitres, il rappelle combien les diagrammes qui représentent exactement ce qui se produit, sinon pendant l'explosion, au moins pendant la détente dans les moteurs à gaz, peuvent être dissemblables avec un même gaz, dans un même moteur, suivant la façon dont l'allumage ou le refroidissement des parois ont été différents.

Le travail, ainsi produit, peut varier du simple au double, alors que le pouvoir calorifique de la masse gazeuse introduite est toujours le même et, par conséquent, le rendement est considérablement influencé. Aussi y a-t-il un intérêt capital à améliorer les conditions dans lesquelles la combustion se produit.

Les différences du travail produit sont évidemment d'autant plus sensibles que la détente est plus restreinte.

Pour chercher à étudier les conditions dans lesquelles une bonne combustion peut être assurée, M. Lencauchez estime qu'il

est capital que le gaz soit allumé, dans toute sa masse, en un délai très bref et il examine, à ce sujet, les données d'expériences qui établissent les vitesses de combustion.

Il rappelle, en quelques chapitres, les résultats d'expériences faites par différents savants, notamment par M. Le Chatelier et compare les vitesses de combustion à celle du piston dans le moteur à gaz. Il arrive ainsi, à dire même que la vitesse de combustion devrait être double de celle que fournissent les expériences pour que l'onde explosive suive le piston et que, si la vitesse de combustion était inférieure à la vitesse du piston, le travail dans le moteur serait nul.

Il y a peut-être, là, une légère confusion parce que la vitesse de la combustion dans un mélange gazeux dépend du déplacement même des gaz qui se sont enflammés et il semble que l'on peut admettre ce que soutenait, ici même, M. Marcel Desprez, que les gaz ne transmettent de chaleur que par choc.

Il n'y a donc, à mon sens, aucun moyen de tirer, pour les moteurs à gaz, une conclusion quelconque, des expériences classiques, où du gaz, enfermé dans un tube, est allumé par l'extrémité ouverte, et encore moins de celles où l'allumage se fait par l'extrémité fermée et où l'explosion produit un coup de canon, l'augmentation de pression s'ajoutant, de tranche en tranche depuis la culasse, jusqu'à l'onde de combustion.

M. Lencauchez cite, cependant, des expériences très intéressantes qu'il a faites sur des gaz sortant d'un ajutage. On allume et il est facile de régler la vitesse, de façon à maintenir la flamme en équilibre pour qu'elle n'ait tendance, ni à rentrer dans la conduite, ni à s'éteindre en s'éloignant de l'ajutage, comme on le voit souvent lorsqu'on enflamme le gaz d'un gazogène quand la pression et, par suite, la vitesse de sortie des gaz deviennent trop grandes. On compare la vitesse du jet gazeux et le pouvoir calorifique du mélange.

De même, quand le gaz brûle dans un moteur, si lente que soit la combustion, le travail produit est toujours utilisé, en partie, pendant la course du piston. Si la vitesse du piston est très inférieure à celle de la propagation de la flamme et si le travail total est nul, cela ne peut être occasionné que par le déchet organique, ou la perte de chaleur par les parois.

Dans d'autres chapitres, M. Lencauchez examine les températures d'explosion. Elles diffèrent avec les gaz.

« Ainsi un mélange de formène et d'air atmosphérique peut

» s'allumer et brûler dès la température de 650 degrés, mais » l'explosion ne se produit qu'après dix secondes environ. Au » fur et à mesure que la température de la source de chaleur » (fil de platine par exemple) s'élève, le retard à l'inflammation » diminue. Car vers 1 000 degrés elle est presque instantanée, » tant elle est rapide. D'après MM. Mallard et Le Chatelier, les » mélanges tonnants en proportion pratique pour donner le » maximum de pression explosive formée par l'hydrogène ou » l'oxyde de carbone semblent s'enflammer sans retard dès qu'ils » sont portés à la température convenable pour leur inflamma- » tion explosive. Cependant quand on fait exploser un mélange » tonnant parfait pour donner le maximum de pression explo- » sive dans une éprouvette de M. le professeur N. Gréhant, où » l'inflammation est produite par un fil de platine... on remarque » que, pour tous les mélanges tonnants, on commence par voir » le fil de platine au rouge très sombre (couleur chocolat) puis » au rouge sombre, au rouge, au rouge vif, au rouge cerise, » cerise clair, à l'orange, enfin au blanc; ce n'est qu'à cette » température que l'explosion se produit quand on ne met » qu'environ cinq à dix secondes pour passer du rouge très » sombre au blanc, soit pour passer de la température de 600 » degrés environ à celle de 1 200 à 1 300 degrés.

» Ceci prouve bien que pour enflammer le mélange tonnant » d'une cylindrée de moteur à gaz, il faut une très haute tempé- » rature, sans quoi, l'inflammation pouvant se produire vers la » fin de la course motrice du piston, la charge tonne en pure » perte dans l'échappement. »

Il cite dans un tableau les températures d'explosions, d'après Mallard et Le Chatelier, de différents mélanges et conclut : « Comme on le voit, entre ces treize mélanges tonnants des » plus variés en richesses calorifiques, les températures limite » d'inflammation ne varient qu'entre 530 et 700 degrés, donc la » différence extrême n'est que de 170 degrés, ce qui est fort » peu de chose, vu que les flammes, les tubes incandescents et » les étincelles électriques ont toujours une température supé- » rieure au rouge cerise.

» D'un autre côté on remarque que H et Az en excès ne » changent pas la température d'inflammation d'un mélange » tonnant et qu'entre le point d'inflammation de $H + O$ et de » $CO + O$, il n'y a que 100 degrés d'écart. »

Donc :

« On est en droit de dire que, dans les gaz industriels, la plus » ou moins grande quantité d'hydrogène qu'ils peuvent renfer- » mer ne donne pas une supériorité de marche aux moteurs à » gaz de bonne construction. Seul l'acide carbonique CO^2 retarde » l'inflammation quand il est en grande quantité, mais dans la » faible limite de 655 à 700 degrés, soit de 45 degrés : donc la » présence de 5 à 10 0/0 de CO^2 dans un gaz de gazogène ne » saurait rendre ce gaz mauvais, puisque le gaz des hauts four- » neaux, souvent à 12 0/0 de CO^2 et à moins de 2 0/0 de H, se » comporte très bien dans les bons moteurs à gaz. Seulement les » bonnes et puissantes combustions explosives donnant le maxi- » mum de rendement d'effet utile ne sont obtenues que par un » allumage à très haute température soit à 1 300 degrés environ. »

Il signale encore les vitesses de combustion relatives aux proportions du mélange tonnant :

« Sous la pression 760, à la température de 15 degrés, tous » les mélanges à 6 0/0 de gaz d'éclairage avec 94 0/0 d'air, jus- » qu'à 28 0/0 de ce gaz avec 72 0/0 d'air brûlent depuis 0, » vitesse de combustion jusqu'à 100 qui correspond à 16 0/0 de » gaz d'éclairage avec 84 0/0 d'air, pour retomber à 0, vitesse de » combustion, avec 28 0/0 de gaz. La pression donnée par la com- » bustion explosive sans compression préalable croît donc de 0 à » 100 et est égale à 5,50 kg et à 7,50 kg suivant la richesse » calorifique du mélange gazeux, le système de construction du » moteur et le genre d'inflammation. »

Puis il fait remarquer que :

« La pression donnée en vase clos par la combustion explosive » d'un mélange tonnant, en bonne proportion, par une combus- » tion complète, est sensiblement proportionnelle à la richesse » calorifique de ce mélange. »

Et il cite à cet effet un tableau de M. P. Vermand, et en tire cette excellente conclusion :

« Tous les gaz combustibles, supérieurs à 900 calories, comme » le gaz des hauts fourneaux, peuvent donc assurer et donner » une excellente marche aux moteurs à gaz par explosion ; donc, » dans la pratique, il est inutile de rechercher la production » des gaz dits riches pour les moteurs à gaz quand elle est » onéreuse. »

Il aurait même pu ajouter ici que les mélanges les plus pauvres donnant des explosions moins brisantes, conviennent

seuls pour les unités de haute puissance. Il le signale d'ailleurs plus loin dans un autre chapitre.

Dans le chapitre suivant, il critique le balayage des gaz brûlés, qui a fait l'objet de tant de brevets :

« Il y a encore quelques années un grand nombre de cons-
» tructeurs avaient recours à des complications plus ou moins
» médiocres ou mauvaises pour purger à la suite de l'échappe-
» ment le cylindre moteur de ses gaz brûlés (fumées), alors que
» la forte compression ne laisse dans l'espace nuisible, soit ici de
» compression, que 10 à 8 0/0 de fumée à la température de
» 380 à 400 degrés. »

Un tableau « fait voir que cette faible addition de fumée est
» sans action sur un gaz à 900 calories donnant des mélanges à
» plus de 450 calories le mètre cube ».

Si le balayage des fumées lui semble inutile, il attache grande importance à l'homogénéité des mélanges tonnants :

« Pour obtenir le mélange intime des gaz composant le mélange
» tonnant, deux dispositions rationnelles sont employées qui
» sont :

» *a*) L'arrivée simultanée du gaz et de l'air secondaire dans
» une même tuyère à injection centrale, au moyen des soupapes
» à gaz et à air superposées, qui alors fait office de souffleur genre
» Koerting ou Giffard. Pendant la période de compression, l'in-
» timité de mélange devient parfaite et la moindre étincelle
» donne toujours une excellente combustion explosive, donc
» une très bonne marche pratique au moteur. C'est l'admission
» stratifiée ;

» *b*) L'arrivée simultanée du gaz et de l'air secondaire dans
» une chambre ou boite de mélange. Cette boite est construite
» suivant une très grande variété de formes qui ont toutes pour
» but d'injecter l'un, ou les deux fluides, gaz et air, par un grand
» nombre de petits ajutages, orifices ou trous, pour diriger, à
» 90 degrés, l'un sur l'autre, les jets gazeux, des deux fluides
» entrant dans la boite de mélange.

» Les boites de mélange disparaissent. Les moteurs des plus
» récentes constructions sont à soupapes superposées, car celles-
» ci donnent un aussi bon mélange que ces boites, sans en avoir
» les inconvénients qui sont ceux dus à une capacité remplie
» de mélange tonnant pouvant exploser. »

Une troisième disposition présente aussi un grand intérêt,
» c'est celle qui a une soupape d'introduction d'air commandée

» et une soupape à gaz également commandée, mais sous la
» première, de sorte que, si la soupape à gaz est commandée
» par une canne différentielle manœuvrée par le régulateur,
» pour en retarder la levée, si le moteur n'a qu'à faire les 4/5,
» les 3/5, ou les 2/5 de sa force nominale, cette soupape à gaz
» ne se lève que quand le piston a parcouru le 1/5 de sa course,
» les 2/5, les 3/5. Voici alors ce qui se passe : tant que la sou-
» pape à gaz est fermée, le cylindre se remplit d'air seulement
» et le mélange tonnant n'arrive que plus tard.

» Du côté du piston, il n'y a que de l'air pur et, du côté opposé,
» soit sur la culasse, du mélange tonnant au maximum de puis-
» sance explosive.

» Les couches gazeuses se stratifient plus ou moins bien sur
» la culasse pendant la période de compression et l'explosion se
» produit avec violence ; elle se détend dans des mélanges de
» moins en moins riches qui brûlent à la faveur de l'explosion
» originelle en donnant de beaux diagrammes et l'air pur, s'il
» y en a encore contre la face du piston, bouleversé et mélangé
» aux gaz brûlés, leur prend du calorique, qui autrement serait
» en partie absorbé par les parois du cylindre refroidies par les
» courants d'eau réfrigérante. »

A ce sujet, il cite les anciennes expériences, si intéressantes et si instructives, de M. Salanson et ajoute :

« Je suis heureux d'avoir ici l'occasion de faire remarquer
» qu'il y a déjà dix-sept ans que M. Salanson a prouvé et démon-
» tré que le maximum d'effet utile que pourraient donner les
» moteurs à gaz consisterait dans la marche aux gaz pauvres,
» avec de très fortes compressions préalables ».

Dans ce sens, il insiste sur le peu d'importance de l'élévation du pouvoir calorifique du gaz, que réclament à tort si fréquemment les marchands de moteurs.

« Les bons moteurs à gaz marchent, avec une remarquable et
» très bonne allure, avec des gaz d'une puissance calorifique
» inférieure à 850 calories, puisqu'on les voit admirablement
» bien fonctionner et économiquement, avec des gaz qui refusent
» de brûler à l'air libre dans des appartements bien fermés, où
» il n'y a pas le moindre courant d'air. »

En revanche, quand les mélanges gazeux sont hétérogènes et non stratifiés, il faut s'attendre aux plus grands ennuis.

« Il ne faut pas les confondre avec les mélanges homogènes
» pauvres poussés jusqu'à leur limite d'inflammabilité, car un

» mélange hétérogène qui, par un bon brassage, deviendrait un
» mélange riche au maximum de bonne combustion explosive
» donnant le maximum de pression explosive, peut ne pas explo-
» ser du tout, ou mal exploser. »

Continuant la critique des moteurs à gaz et faisant toujours observer, avec une puissante logique, combien les défauts reprochés aux installations de gaz pauvre avaient presque toujours pour cause autre chose que le peu de richesse du gaz, M. Lencauchez signale le fréquent défaut de l'inflammation et en cherche les principales causes :

« Mes dernières expériences faites cette année (1903) m'ont
» bien prouvé : 1° que l'intensité calorifique de l'allumeur, quel
» qu'il soit, donne des combustions explosives d'autant plus
» fortes et plus parfaites que sa température est plus élevée;

» 2° Que la position de l'allumeur dans un cylindre moteur
» donne aussi des explosions plus ou moins fortes avec combus-
» tion plus ou moins parfaite, suivant le point qu'il occupe dans
» le cylindre;

» 3° Que, suivant que les tuyères d'introduction simultanée
» d'air secondaire et de gaz donnent un mélange plus ou moins
» parfait, dans le cas des tuyères, comme dans celui des chambres
» de mélange, les combustions explosives diffèrent considéra-
» blement. »

Et il propose d'y remédier par un procédé spécial :

« Pour réaliser de bonnes combustions explosives complètes
» avec des mélanges pauvres, nous avons pensé à faire usage
» d'une amorce gazeuse d'un mélange tonnant très riche, en
» faisant passer, par dérivation, une quantité de gaz insignifiante,
» dans un carburateur, soit 1/100 environ.

» Sous l'action de la dépression produite par l'aspiration, l'air
» secondaire et le gaz carburé pénètrent dans l'amorceur.

» Quand la compression se produit, une flamme vigoureuse, au
» maximum de puissance explosive, tonne dans la cylindrée de
» mélange pauvre, qui est subitement enflammé et brûle com-
» plètement, avec le maximum de puissance explosive qu'il
» peut donner.

» La quantité de pétrole, essence, benzol et hydrocarbures
» consommée par un moteur est, en réalité, fort peu de chose,
» une quantité négligeable.

» Cette disposition permet donc d'avoir des introductions va-
» riables de gaz jusqu'à la limite de combustion explosive, avec

» une compression constante K, une fois déterminée pour
» toutes. »

Grâce à cette disposition, l'on peut donc régler le moteur en variant les proportions de mélange tonnant. C'est l'idée essentielle.

Une autre disposition originale que propose l'auteur est une décharge de la soupape d'échappement.

« Dans les gros et très puissants moteurs à gaz, si les soupapes
» d'introduction d'air, de gaz et de mélange sont soulevées et
» manœuvrées sans résistance, il n'en est pas de même pour la
» soupape d'échappement, qui ayant quelquefois 0,300 m de
» diamètre, soit 700 cm² de surface, doit être soulevée sous une
» pression effective à fin de course, qui est souvent de 3 kg;
» c'est donc un poids de 700 cm $\times$ 3 $=$ 2 100 kg appuyant cette
» soupape sur son siège que la distribution doit soulever.

» Pour éviter, dans les articulations manœuvrant ce clapet,
» des efforts aussi considérables, nous avons pensé à supprimer
» la pression intérieure au moyen d'une couronne d'évacuation
» anticipée des gaz brûlés remplissant le cylindre. A cet effet,
» lorsque le piston a encore à parcourir 4 0/0 de sa course mo-
» trice, il découvre une couronne d'évacuation qui n'est fermée
» que quand ce piston a fait encore 4 0/0 de sa course de rétro-
» gradation d'échappement. Dans ces conditions, quand le clapet
» d'échappement se soulève, alors que le piston a parcouru
» 5 0/0 de sa course d'émission, la pression intérieure et effec-
» tive est presque nulle, même à grande vitesse. Alors toute
» fatigue disparaît avec une augmentation de rendement orga-
» nique du moteur. Quant à la perte de travail de 4 0/0 de la
» course, elle est nulle en pratique, puisque l'on est toujours
» forcé, pour la marche à grande vitesse, de donner de l'avance
» à l'échappement et que, de plus, dans le voisinage du point
» mort, le moment de la manivelle est nul ou presque nul pra-
» tiquement.

» Nous avons donc ici deux échappements, le premier par la
» couronne et le second par la soupape. »

Revenant sur les conditions d'allumage et examinant les opinions des différents auteurs, M. Lencauchez dit :

» On peut conclure de toutes ces expériences que la véritable
» caractéristique des moteurs, au point de vue thermique, c'est
» leur consommation en calories par cheval-heure et que cette
» consommation, au fur et à mesure que les moteurs se perfec-

» tionnent, tend à être la même, quel que soit le gaz employé.
» Avec de bonnes dispositions d'inflammation et de compression,
» on peut obtenir les mêmes pressions explosives et les mêmes
» rendements avec un gaz de ville à 5500 calories qu'avec un
» gaz de haut fourneau à 850 calories.

» Les conditions qui assurent un bon allumage sont tout
» d'abord une bonne position de l'inflammateur et un mélange
» bien homogène.

» La position de l'inflammateur a également une très grande
» influence, suivant qu'il sera situé dans le voisinage de l'échap-
» pement ou de l'arrivée des gaz frais.

» Les pressions explosives croissent avec l'avance à l'allu-
» mage, le travail utile également jusqu'à une valeur maxima.

» La conclusion à tirer de toutes ces observations, c'est qu'il
» est très important de pouvoir rectifier, suivant l'état de marche
» du moteur, sa compression, etc., le moment d'allumage, l'in-
» flammateur étant bien placé. Ce ne sont pas les plus ou moins
» grandes richesses du gaz employé qui influent sur le rende-
» ment.

» Ce qu'il faut, c'est un mélange pur, c'est-à-dire le gaz bien
» diffusé dans l'air, autant que possible sans gaz résiduaire au
» contact de l'inflammateur et une combustion très rapide.

» Si l'on veut abaisser la température de combustion ou aug-
» menter la compression, le seul moyen à employer, c'est l'excès
» d'air.

» Enfin, il faut recourir à la compression la plus élevée pos-
» sible, à 12 et 14 atm ; elle augmente la détente et la pression
» moyenne, elle diminue la proportion de ces gaz brûlés rési-
» duaires et favorise l'inflammation. »

Il résume enfin, ainsi, les perfectionnements à apporter aux moteurs à gaz du type actuel :

« 1° Avoir de très bons courants d'eau réfrigérante pour leurs
» cylindres, enveloppes, pistons et clapets ;

» 2° Posséder un mouvement tournant pour tous ces clapets
» afin qu'ils puissent se roder d'eux-mêmes ;

» 3° Avoir, sur les clapets et dans leurs douilles de guidage,
» des dégoudronneurs antigraisseurs au pétrole, à l'alcool ou
» au benzol, afin de s'opposer au collage ou bloquage de ces
» clapets ou de leurs tiges ;

» 4° Posséder un système d'introduction de gaz et d'air don-
» nant des mélanges tonnants aussi parfaits que possible ;

» 5° Avoir de très bonnes dispositions, jointes à une compres-
» sion considérable ;

» 6° Posséder un système de décharge de la pression à l'échap-
» pement ;

» 7° Avoir un bon système d'allumage à haute température
» pour avoir une inflammation instantanée, bien placé dans les
» cylindres avec l'avance variable pendant la marche, pour
» faire toujours donner aux moteurs leur puissance explosive
» maxima, quel que soit le travail qui leur est demandé et
» quelle que soit la richesse du gaz et des mélanges tonnants. »

Dans les chapitres suivants, il discute les diagrammes qu'il faudrait reproduire ici, concluant toujours que :

« La qualité du gaz est sans influence sur la bonne marche
» des moteurs à gaz ».

Et il fait part, à l'appui de cette thèse, des résultats de consommations obtenues dans un gazogène Dowson, en employant beaucoup de vapeur et, par conséquent, un gaz enrichi de beaucoup de gaz à l'eau et, plus tard, avec le même combustible, dans un autre gazogène, construit par lui-même, avec une réserve considérable de charbon. Le gaz était très pauvre et ne s'allumait pas à l'air. Cependant, la consommation des mêmes moteurs Otto fut identique et le bénéfice, en dehors de grandes économies de main-d'œuvre, fut celui du charbon brûlé précédemment aux chaudières des gazogènes Dowson.

Enfin, il décrit un moteur à gaz construit sur les principes exposés ci-dessus :

« Ce moteur a été étudié en vue de le faire marcher avec des
» mélanges tonnants très variables en puissance calorifique, de
» façon à n'avoir de passage à vide que quand lesdits mélanges
» cesseraient d'être combustibles. Les admissions variables sont
» produites par le régulateur.

» Pour faire tonner des mélanges à leur extrême limite de
» combustibilité explosive, on a recours à un amorceur qui re-
» çoit toujours un mélange riche, ses admissions de gaz et d'air
» n'étant pas commandées ni soumises à l'action du régulateur.
» De plus, pour augmenter la puissance explosive, son gaz peut
» être facilement carburé par un carburateur placé en dériva-
» tion sur le courant du gaz allant au moteur. »

Le moteur où est appliquée la couronne d'échappement anticipée est donc caractérisé par :

1° L'introduction variable du gaz par le régulateur;

2° L'explosion de mélanges tonnants à l'extrême limite de la combustibilité ;

3° La décharge de la soupape d'échappement.

Il clôture cette partie de son mémoire, comme celle relative aux gazogènes, par une idée originale, comme un esprit prévoyant l'avenir :

« Pour terminer, nous dirons que nous sommes disposé à
» croire que les moteurs à deux temps, dans un avenir pro-
» chain, pour les grandes puissances, seront remplacés par des
» moteurs à combustion non explosive et, pour cette raison, il
» est probable que, pour les forces inférieures à 300 ch, les mo-
» teurs à quatre temps resteront encore longtemps sans rival. »

LES
GRANDES CONSTRUCTIONS AMÉRICAINES

PAR

M. G. COURTOIS

Jusqu'à présent, les Américains ont, presque seuls, construit de ces habitations géantes qu'ils ont appelées, d'une façon si pittoresque, les *écorcheurs de ciel.*

Si on cherche quelle vanité ou quel besoin les poussa à entasser ainsi les étages les uns sur les autres, on trouve que ce nouveau mode de construction, dans lequel on est tenté de ne voir, tout d'abord, qu'un concours de hauteur, est, au contraire, le résultat inévitable d'un besoin très réel, né de la formation même de ces villes américaines et de l'extraordinaire rapidité de leur développement.

Chicago offre, à cet égard, un des exemples les plus caractéristiques. En 1830, elle ne comptait que trente habitants; aujourd'hui, c'est une des trois villes les plus importantes des États-Unis, tant par sa population que par son commerce et son industrie.

Et pourtant le quartier des affaires, qui contient les édifices municipaux, ceux du Gouvernement, les principaux magasins, les grands hôtels, les bureaux, les banques, les temples et les théâtres, n'occupe qu'une superficie de 2 km^2, alors que la ville entière en couvre 490 et s'agrandit tous les ans.

C'est que ce quartier est limité par la rivière qui donne son nom à la ville, le lac Michigan, et un réseau de voies ferrées, et ne peut, par conséquent, s'étendre davantage.

A New-York, le terrain, dans le quartier des affaires, coûte jusqu'à 9 000 f le mètre.

Ce quartier est également de surface limitée, et les Américains, gens pratiques et connaissant la valeur du temps, ne cherchent pas à l'agrandir. Ils préfèrent concentrer dans un espace restreint tout ce dont ils ont journellement besoin. Ils aiment mieux augmenter considérablement les dépenses d'ac-

quisition de terrain et de construction, certains de les regagner par la facilité et la rapidité qu'ils trouveront ainsi à traiter leurs affaires.

C'est donc fatalement que les constructeurs américains furent amenés à chercher en hauteur ce qu'ils n'avaient pas en surface, et à construire des édifices qui ont dix-huit, vingt et même trente étages.

Mais en augmentant ainsi le nombre de ces étages, on agrandissait dans la même proportion l'importance des besoins et des services intérieurs.

Et tandis que certains sont restés les mêmes, mais simplement développés, d'autres constituèrent des problèmes nouveaux, exigeant des solutions nouvelles.

Et d'abord, pouvait-on songer à garder, pour ces immenses bâtisses, le mode de construction en maçonnerie usité pour les édifices de hauteur ordinaire? Il aurait été évidemment impossible de construire en pierres ou en briques une de ces maisons aux étages infinis.

Le poids formidable et, par conséquent, la charge sur le sol, le prix, le temps énorme nécessaire à l'édification et incompatible avec le caractère américain, auraient été autant de raisons pour faire rejeter cette solution. De plus, les murs en pierre s'épaississant à mesure qu'ils descendent, pour rester stables, auraient fait perdre aux étages inférieurs une place précieuse.

On fut donc amené à constituer ces hautes maisons par une ossature métallique recouverte d'un revêtement de matériaux plus ou moins riches, tels que la brique, la terre cuite, le grès, le granit, le marbre, le bronze, etc.

Mais ce n'est pas du premier coup que l'on arriva à la solution complète.

Dans le début, comme pour le Temple maçonnique de New-York, qui a vingt étages, la construction métallique ne commençait qu'à partir de l'entresol, la partie inférieure étant en pierre.

Ce n'est que depuis 1890 que ces grandes maisons sont construites en acier depuis les fondations. Mais le poids, quoique bien diminué par ce procédé, est encore beaucoup trop considérable pour qu'il n'ait pas été nécessaire de chercher de nouveaux systèmes pour ces fondations, ainsi que nous le verrons tout à l'heure. Une autre question, devenue très importante, est celle des communications des différents étages entre eux, et de ceux-ci avec la rue. Il est évident que les escaliers deviennent secon-

daires et ne doivent plus servir que comme appareils de secours. D'où multiplication des ascenseurs, qui sont seuls couramment employés, et des monte-charges.

De même, la ventilation, le chauffage, les services d'eau chaude et d'eau froide, etc., sont autant de questions prenant une importance capitale pour de semblables agglomérations d'individus dans un espace si restreint.

Des considérations tenues pour secondaires dans les cas courants, l'action du vent, par exemple, nécessitent maintenant des précautions spéciales.

L'esthétique elle-même se transforme et motive la recherche d'un nouveau parti architectural pour rendre intéressantes de pareilles façades.

Il n'est pas jusqu'à l'organisation d'un chantier de cette sorte qu'on n'ait été obligé de transformer.

On voit donc que c'est une architecture nouvelle qui a été à créer en vue de ces besoins et de ces services nouveaux.

Ce sont ces problèmes spéciaux que nous allons maintenant passer rapidement en revue en indiquant les solutions qui ont été imaginées par les Ingénieurs et les Architectes américains.

Fondations.

Cette question est toujours difficile à résoudre en présence de l'incertitude où on est relativement à la valeur exacte des charges à supporter. Mais ici, elle acquiert une importance si considérable, que les Règlements américains prescrivent que la résultante de toutes les charges coïncidera avec le centre de gravité de la figure formant la base de la construction. Ces Règlements sont très précis et très sévères à ce sujet.

Chaque ville a le sien, qui fixe les valeurs à attribuer aux différentes surcharges agissant sur la construction, et la proportion dans laquelle ces surcharges doivent être appliquées aux différents étages (1).

A Chicago, pour une haute maison à destination ordinaire, c'est-à-dire comportant des magasins en bas, puis des bureaux et enfin des locaux d'habitation, les surcharges par étage sont les suivantes :

(1) Nous donnons en Annexe, à titre d'exemple, le Règlement des constructions de la ville de New-York.

	Surcharges.
Caves	500 kg par m².
Rez-de-chaussée, 1er, 2e, 3e, 4e étages. . .	580 —
Du 4e au 16e étage	330 —
A partir du 16e étage	180 —
A New-York :	
Pour chaque étage d'une maison locative ou d'un hôtel.	290 —
Pour des bureaux :	
Au-dessous du 1er étage	730 —
Au-dessus du 1er étage	365 —
Pour des magasins et entrepôts de marchandises lourdes.	730 —
Pour des magasins et entrepôts de marchandises légères.	586 —
Pour des écoles.	365 —
Pour des salles de réunions publiques. . .	440 —

Un toit de moins de 20 degrés d'inclinaison doit pouvoir supporter 244 kg en plus de son poids mort, et 146 kg si ce toit a une pente de plus de 20 degrés.

Dans les cas spéciaux (celui, par exemple, où des machines doivent être installées à divers étages), le Commissaire des Constructions est chargé de fixer un poids en rapport avec celui des machines et avec la vibration qu'elles peuvent causer.

Le poids à la base des fondations est également prévu par ces Règlements.

A New-York, il est fixé de la façon suivante :

Pour les magasins et constructions légères, écoles, églises, salles de réunions publiques, le poids mort plus 75 0/0 de la surcharge ;

Pour les bureaux, hôtels et habitations, le poids mort plus 60 0/0 de la surcharge.

Pourtant, certains architectes, désireux d'obtenir une construction plus légère, réduisent, en raison du nombre des étages, la surcharge que les fondations auront à supporter.

Ils partent de cette hypothèse que, plus il y a d'étages, moins il y a de probabilités pour qu'ils soient tous ensemble chargés au maximum.

Ils calculent bien chaque plancher comme devant supporter la

surcharge maxima de l'étage. Mais, pour les poutres qui reposent sur les colonnes recevant la charge par l'intermédiaire des solives du plancher, ils admettent qu'elles peuvent ne pas être, en même temps, chargées au maximum.

Donc, ces poutres sont calculées en supposant une surcharge inférieure à celle qui a servi au calcul des planchers.

Un même raisonnement a amené, pour calculer une colonne, à réduire le poids qui a servi de base au calcul de la colonne supérieure.

Cette relation continue, entre les solives de plancher, les poutres et les colonnes d'un étage, et entre les étages eux-mêmes, a permis de dresser des tables donnant immédiatement la section des fers entrant dans l'édifice.

Cette tolérance est, du reste, officiellement admise, et les résultats obtenus sont toujours vérifiés par le Commissaire des Constructions.

Outre le poids mort et la surcharge, il existe une troisième espèce de charge, qui entre en ligne de compte dans le calcul du poids total que les fondations doivent supporter.

C'est celle due à l'action du vent.

Dans l'Ivings Building, de New-York, cette charge a été estimée à 3 750 000 kg, chiffre considérable si on le compare au poids de la carcasse d'acier, qui est de 9 100 000 kg. Cette charge a été obtenue en supposant, d'après le Règlement, qu'une pression horizontale de 145 kg était appliquée à chaque mètre carré de surface exposée, de la base au sommet.

Il faut, en effet, remarquer que ces hautes maisons sont encore relativement rares, par conséquent isolées, et ne sont pas protégées du vent par les constructions voisines. Pourtant, quand la hauteur de l'édifice ne dépasse pas quatre fois sa largeur, le Règlement admet qu'on peut négliger la pression due à l'action du vent.

Ces différents calculs étant faits, et une fois obtenue la charge que devra supporter le sol, reste à montrer les différents procédés de fondations employés, suivant les difficultés de terrain qu'on rencontre.

Dans le début, la méthode était la même que celle qu'on emploie couramment pour les constructions ordinaires, et consistait à enfoncer des pilotis en bois dont la partie supérieure, après recépage, était noyée dans une couche de béton.

Les pieux, dans le cas où le terrain contenait des nappes d'eau, étaient toujours coupés en dessous du niveau de ces nappes.

Souvent ces pieux étaient réunis, à leur partie supérieure, par un grillage de poutres en croix portant la maçonnerie. Ces méthodes n'ont rien de nouveau, et sont courantes en France.

Mais, à mesure que le nombre d'étages s'accrut, les précautions devinrent également plus grandes pour transmettre au sol ces charges de plus en plus considérables.

Au grillage de poutres en bois, on substitua, sur la couche de béton noyant la tête des pieux, une, deux, trois et même quatre séries de poutrelles d'acier à I, posées alternativement dans des directions perpendiculaires, et noyées à leur tour dans du béton.

Un exemple de ce genre de fondations nous est donné pour l'Ivins Building, à New-York *(fig. 1)*.

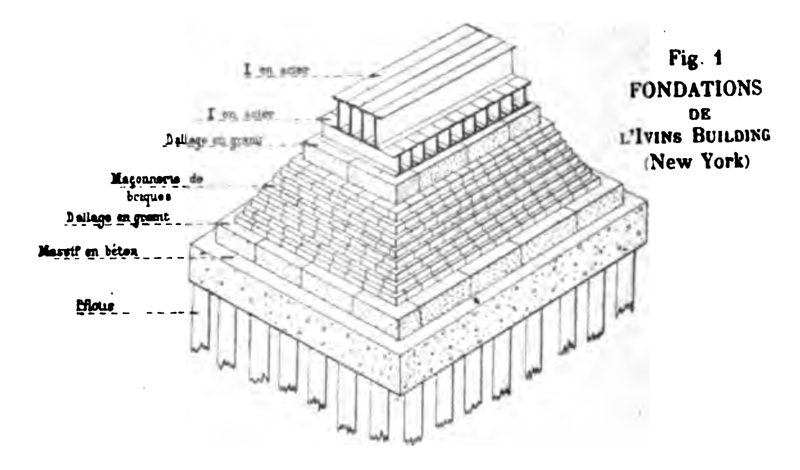


Fig. 1
FONDATIONS
DE
L'IVINS BUILDING
(New York)

Des groupes de 50 à 60 pieux en bois, qui sont enfoncés jusqu'au bon sol et coupés en dessous du niveau de l'eau, ont leur tête noyée dans une solide masse de béton. Sur ce béton, une assise de dalles de granit, de 0,25 m d'épaisseur, supporte un ouvrage en briques, de forme pyramidale, de 1 m à 1,50 m de hauteur, et se terminant par une surface plane sur laquelle est posée une nouvelle assise de dalles de granit, de 0,30 m d'épaisseur. Ce dallage reçoit le grillage d'aciers à I dont nous venons de parler, et c'est seulement sur ce plancher, composé de solives presque jointives, qu'est fixé le socle de la colonne montant à toute hauteur du bâtiment. Comme nous l'avons dit, le centre de gravité de cette colonne doit coïncider exactement avec celui du massif.

Quand les pieux doivent aller jusqu'à une très grande profondeur, on se sert de pilotis métalliques, qu'on remplit de béton.

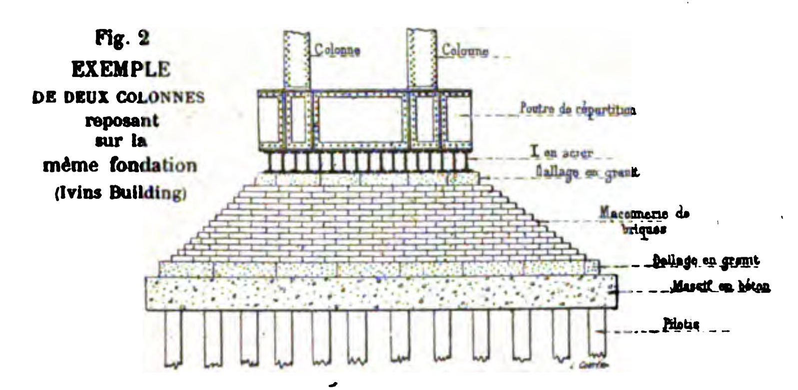
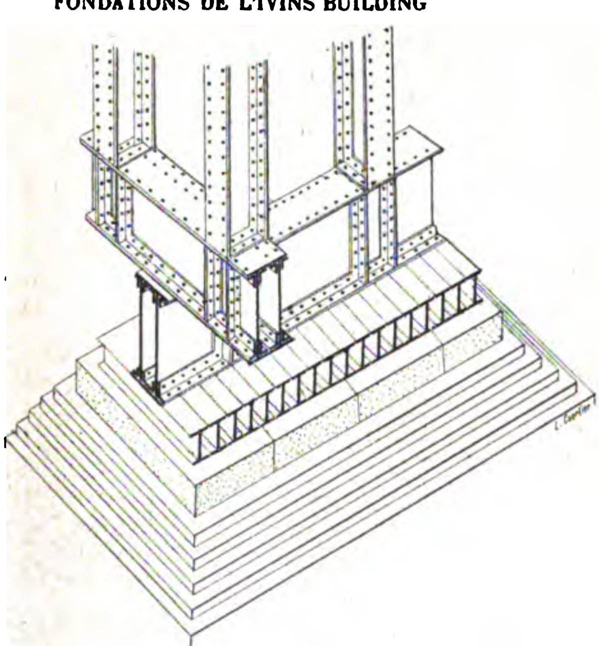


Fig. 2
EXEMPLE
DE DEUX COLONNES reposant sur la même fondation
(Ivins Building)

Autant que possible, chaque colonne a sa fondation indépendante. Pourtant (*fig. 2*), deux colonnes suffisamment rapprochées peuvent reposer sur le même massif, mais la pression doit tou-

Fig. 3
FONDATIONS DE L'IVINS BUILDING



jours être uniformément répartie sur le sol, et, pour cela, ces deux colonnes sont, à leur base, réunies par une épaisse poutre en tôle et cornière, qui repose sur le grillage de poutrelles à I.

Un autre cas se présente assez souvent *(fig. 3)*. C'est celui où cette poutre de distribution doit supporter à un bout une colonne intérieure, et, à l'autre extrémité, deux autres colonnes portant un mur perpendiculaire à la direction de la poutre.

Ces deux colonnes sont fixées aux extrémités d'une forte poutre composée, placée elle-même en croix sur la poutre de distribution, qui porte à son autre bout la colonne unique.

On comprend que, pour qu'un pareil équilibre existe, il faille une répartition exacte des charges.

Mais, parfois, cet équilibre n'est réalisé que par un artifice, comme à l'American Surety *(fig. 4)*, où une chaîne reliant la par-

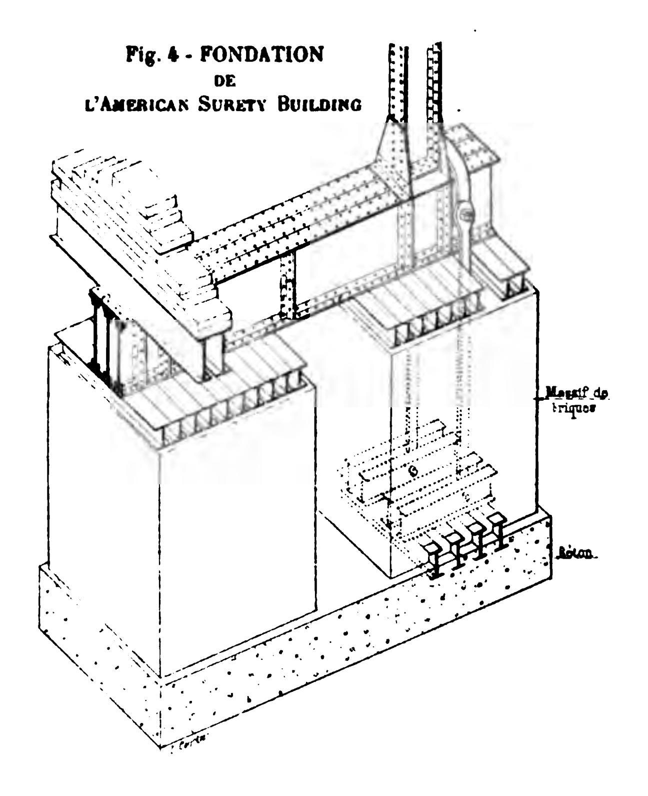


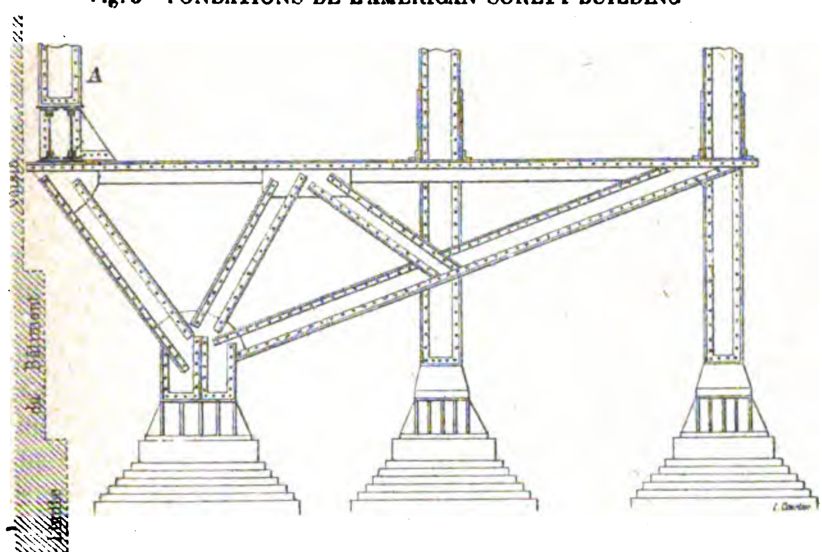
Fig. 4 - FONDATION DE L'AMERICAN SURETY BUILDING

tie la moins chargée de la poutre de distribution à des solives noyées dans le massif de béton empêche seule la bascule. Le porte-à-faux qui existe dans ce dernier cas se retrouve, du reste, assez souvent, quand la construction est mitoyenne avec un autre édifice dont les fondations en gradins ne permettent pas aux fondations du bâtiment à construire d'aller jusqu'à la limite

du terrain. Témoin le cas de la figure 5, où la colonne A n'aurait pu être prolongée jusqu'à la fondation.

Enfin, on emploie souvent les fondations faites au moyen de caissons, mais les procédés sont les mêmes que ceux employés en France.

Fig. 5 - FONDATIONS DE L'AMERICAN SURETY BUILDING



Sauf le cas où la résistance du sol a été directement déterminée, les charges admises par les Règlements sont :

1,093 kg par centimètre carré pour l'argile tendre ;
2,186 — — pour l'argile ordinaire et le sable mélangés ;
4,372 — — pour la terre grasse, l'argile ou le sable fin, le gravier dur ou l'argile dure.

En cas de doute sur la résistance d'un terrain, le Règlement ordonne de faire des sondages et des essais de résistance aux frais du constructeur.

Aucun pilotis ne doit être chargé d'un poids supérieur à 18 160 kg (40 000 livres).

Quand un pilotis ne rencontre pas le bon sol, sa charge est déterminée par la formule suivante :

$$P = \frac{2P'H}{p} + 1 ;$$

dans laquelle :

P′ = le poids du mouton en tonnes;

H = la hauteur de chute;

p = la plus petite pénétration du pilot sous le dernier coup.

On voit, par tous ces exemples, la hardiesse et même l'audace d'une part, et, d'autre part, l'extrême prudence qui président à la détermination de cette question primordiale des fondations.

A cette question des fondations, peut se rattacher celle de l'organisation des chantiers, et qui est intéressante parce qu'elle diffère de celle employée en France.

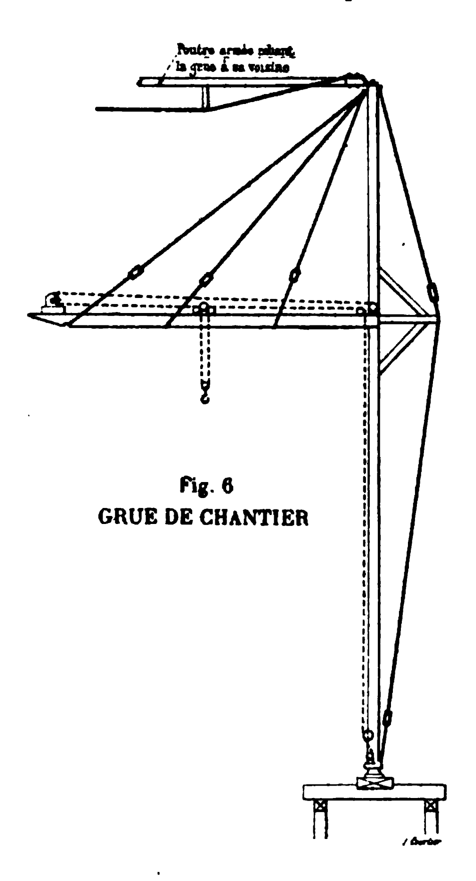


Fig. 6
GRUE DE CHANTIER

En général, le trottoir est enlevé et remplacé par un pont fait de poutres et traverses. Ce pont, servant à la circulation, est couvert par une plate-forme abritant les passants. C'est sur cette plate-forme que se fait le dépôt des matériaux, qui, de la sorte, n'encombrent plus la voie publique.

Quand le chantier est assez grand, deux passerelles sont établies au niveau de la plate-forme pendant la durée des fondations. Ces passerelles, placées en croix, divisent le chantier en quatre quartiers. On y installe des rails pour le roulement des wagonnets.

Chaque quartier est desservi par une grue, remplaçant la sapine, dont l'usage serait impossible pour des bâtiments de cette hauteur.

Ces grues, qui montent avec la construction, sont composées d'un mât vertical, maintenu en bas dans une crapaudine tour-

nant sur un pivot dans une plaque de fonte, et qui porte à sa partie supérieure un boulon d'articulation permettant la rotation (*fig. 6*). A ce mât est fixée une volée horizontale, de 16 m de longueur, soutenue par trois haubans en fer rond se réunissant au sommet du mât, qui est raidi par des étais et des fers plats, pour empêcher sa flexion au droit de la volée.

Les mâts des différentes grues sont réunis à leur sommet par des poutres armées en bois, et l'ensemble est relié aux constructions voisines par un système de fils de fer.

Grâce à ce système de passerelles et de grues, chaque quartier est parfaitement desservi.

On voit, de plus, qu'on a cherché à éviter, dans la plus large mesure, l'encombrement des rues pendant le temps de la construction, et que la circulation des piétons se trouve, de la sorte, aussi peu gênée que possible.

Construction métallique.

Ainsi que nous l'avons dit, la construction à ossature métallique a totalement remplacé la construction en maçonnerie, trop lourde et trop encombrante. Par ce système, et naturellement aussi par le développement considérable de la base de fondation, un édifice de vingt étages arrive à moins charger le sol par unité de surface, qu'une maison ordinaire de six étages.

Cette ossature se compose, en principe, d'un certain nombre de colonnes montant de fond jusqu'au sommet de l'édifice.

Les poutres soutenant les murs et planchers, les pièces de contreventement viennent s'y assembler et assurent la rigidité de l'ensemble.

Différents types de colonnes sont d'un usage courant en Amérique. On peut les ranger en quatre groupes principaux (*fig. 7*).

Premier groupe. — Colonne du type *Strobel.* Ce type doit son usage fréquent à ce qu'il est composé de fers du commerce.

Deuxième groupe. — Colonne à profil polygonal ou circulaire (type *Keystone* et type *Phœnix*). Ce dernier est le plus répandu, la forme circulaire étant celle qui donne, à poids égal, la plus grande résistance au flambage.

Troisième groupe. — Colonne à profil en caisson (type *Poulsen*),

formée de fers plats et de cornières. Cette colonne est celle qui se rapproche le plus des types employés en Europe.

Quatrième groupe. — Colonne du type *Larimer*. C'est le profil en croix. Ce type est le moins employé de tous.

Les conditions principales qui guident dans le choix d'un de ces types sont les suivantes :

1° Poids minimum pour un degré de sécurité donnée.

A cet égard, le type Strobel s'est surtout affirmé lorsqu'il s'est agi de hauteurs réduites et de profils élancés, tandis que le type

Fig. 7 - COLONNES MÉTALLIQUES

Type Strobel — Type Keystone — Type Phœnix

Type Poulsen — Type Larimer

Phœnix semble préférable pour des hauteurs plus considérables et des profils plus lourds ;

2° Facilité d'assemblage, par rivets, des différentes fractions de colonnes entre elles, et des consoles, goussets, etc., avec les colonnes ;

3° Absence de gauchissement. Les colonnes doivent pouvoir s'amincir facilement à mesure qu'elles montent ;

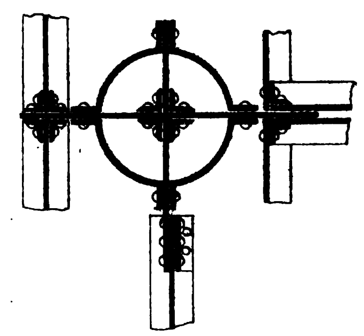
4° Facilité de surveillance dans la construction de l'ossature et de protection par l'application de couches de peinture sur toutes les parties ;

5° Facilité d'entourer ces colonnes d'une enveloppe à l'épreuve du feu.

L'avantage principal offert par la colonne Strobel et qui consiste en ce que la poutre principale du plancher peut être prolongée jusqu'à la tôle médiane est détruit dès que l'on est obligé de renforcer la section par des tôles placées à l'intérieur, ce qui arrive dès que la charge de la colonne dépasse 280 t.

Par contre, les avantages de la colonne Phœnix résident dans le volume réduit et dans l'assemblage facile à l'aide de goussets (*fig. 8*). Ce genre d'assemblage est certainement plus rationnel que celui obtenu au moyen de consoles.

Fig. 8 - ASSEMBLAGE D'UNE COLONNE PHŒNIX avec des solives de plancher



Les colonnes principales ont généralement la hauteur de deux étages. Les joints sont alternés d'une colonne à l'autre. Toute l'ossature est renforcée latéralement pour résister à l'action du vent. Cela est absolument indispensable, surtout dans des constructions comme la Gillender, dont la hauteur égale quatorze fois la base. Dans cet édifice, le système adopté consiste à relier entre elles les colonnes à tous les étages par des arcs métalliques.

C'est le procédé le plus courant.

D'autres fois, on les relie par des poutres à treillis.

Quand la disposition des portes et fenêtres le permet, comme à l'Hôtel du Great Northern Theatre, qui a quatorze étages, et au Temple maçonnique, qui en a vingt, on a adopté un ensemble d'entretoises s'étendant de la base au sommet.

Dans le plan horizontal, des chaînes diagonales sont placées dans l'épaisseur des planchers.

Grâce à ces contreventements verticaux et horizontaux, l'ossature métallique forme un tout rigide et la pression du vent est directement transmise à la base de l'édifice.

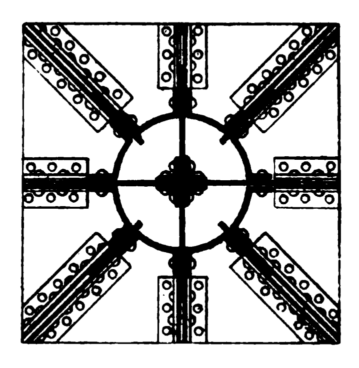
Pour fixer les colonnes sur les fondations, divers procédés sont employés.

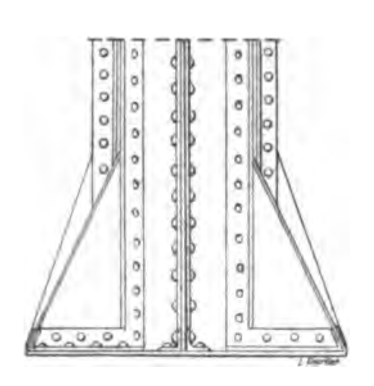
Quelquefois la base de la colonne consiste en une plaque épaisse en tôle, assemblée à cette colonne par des cornières et la dépassant dans ses deux dimensions.

Cette plaque est elle-même assemblée à un socle de forme pyramidale répartissant la charge sur une grande surface et reposant sur le grillage de poutrelles d'acier dont nous avons parlé aux fondations.

Plus souvent, et surtout avec la colonne Phœnix, le socle fait partie de la colonne (*fig. 9*). La répartition de la charge se fait alors directement sur le massif de fondation par l'intermédiaire d'une épaisse plaque de tôle à large surface.

Fig. 9 - BASE D'UNE COLONNE PHŒNIX





Le poids moyen de l'ossature métallique d'une construction de seize à vingt étages varie entre 26 et 36 kg par mètre cube.

L'ossature de l'Ivins Building de New-York, qui a vingt-neuf étages et 117 m de hauteur, a demandé 13 millions de kilogrammes de fer, alors que la Tour Eiffel n'en a employé que 7 300 000 kg.

Le prix varie entre 10,20 f et 11,30 f par mètre cube, ce qui représente 1/7 à 1/9 du prix total. Le prix au kilogramme est donc de 0,35 f à 0,40 f.

Quand toutes les pièces importantes de la carcasse métallique sont montées, on commence aussitôt à les garnir d'une *peau*, suivant l'expression américaine.

Cette peau est généralement, pour les étages inférieurs, un revêtement assez épais de granit. Dans les étages supérieurs, on emploie la pierre, le marbre, les briques colorées, la terre cuite, le grès. Les corniches et bandeaux sont en bronze ou en terre cuite.

Il arrive souvent que, pour augmenter la rapidité du travail, on commence ce revêtement à plusieurs niveaux à la fois.

Les Règlements exigent que, pour les parties d'édifices au-dessus de 75 pieds (22,87 m) de hauteur, ces revêtements soient en matériaux incombustibles. Cette hauteur est abaissée à

35 pieds (10,67 m) pour les écoles, théâtres, hôpitaux, etc. Voici à ce sujet, un extrait du Règlement des constructions pour la ville de New-York :

« Dans les constructions inférieures à 150 pieds (45,75 m), les » portes, les fenêtres et leurs bâtis, les planchers et lambourdes » sont tolérés en bois, mais, pour ces dernières, l'espace qui les » sépare doit être rempli de matériaux incombustibles.

» Dans les constructions excédant 150 pieds (45,75 m) et de » plus de douze étages, les planchers, portes, fenêtres, ornements » et aménagements intérieurs doivent être de matériaux incom- » bustibles, ou de bois recouvert de fer ou rendu incombustible » par un procédé quelconque. Les planchers seront constitués » par des voûtains de briques pleines ou creuses ou par toute » autre matière, mais incombustible, et qui seront essayés en » présence du Conseil des constructions. »

Ces essais de voûtains portent sur la résistance à l'écrasement et au feu.

On charge le voûtain d'un poids de 730 kg par mètre carré et on le soumet à une température de 1 700 degrés Fahrenheit (940 degrés centigrades). On l'inonde ensuite pendant cinq minutes d'eau à la pression de 27 kg, par un tuyau de 0,028, puis on charge d'un poids roulant de 270 kg. Le voûtain doit sortir intact de cet essai.

Quand les colonnes soutiennent des poutres supportant elles-mêmes des murs, elles doivent être garnies dans les parties vues extérieures et intérieures d'un revêtement en briques d'au moins 0,20 m pour l'extérieur, et d'au moins 0,10 pour l'intérieur.

Les poutres sont également protégées par une cloison de briques de 0,10 m à l'extérieur, et à l'intérieur par un revêtement en terre cuite ou en ciment.

Les colonnes en fonte (qui du reste, ne sont presque plus employées) doivent avoir comme dimension minima 5 pouces (0,125 m) de diamètre et 3/4 de pouce (0,018 m) d'épaisseur. Elles ne doivent pas avoir une longueur libre supérieure à vingt fois leur diamètre, et l'épaisseur doit être d'au moins 1/12 de ce diamètre.

Indépendamment de sa légèreté, ce système de construction à ossature métallique présente l'immense avantage d'une très grande rapidité d'exécution.

L'ossature s'élève à raison d'un étage par jour, et le revêtement demande environ quinze jours de travail.

A peine l'ossature est-elle terminée qu'on procède à l'aménagement de l'édifice, qui est envahi par tous les corps d'états.

Pour permettre de se rendre compte du peu de temps nécessaire pour élever ces bâtiments, nous donnons ci-après, à diverses dates, l'état des travaux pendant la construction du Fischer Building, à Chicago, qui a dix-huit étages.

Le 12 octobre 1895, les fondations sont terminées et l'édifice sort de terre.

Le 19 octobre, l'ossature métallique de deux étages est montée.

Le 26 octobre on est au sixième étage.

Le 12 novembre, le revêtement de trois étages est terminé et on en est au quatorzième étage.

Le 12 décembre, toute la carcasse métallique est terminée, le revêtement est fini sauf pour les deux étages supérieurs et les deux étages inférieurs, et l'aménagement intérieur se fait dans six étages.

Enfin, le 29 avril 1896, c'est-à-dire six mois et demi après la première date, l'édifice est terminé.

L'édification de l'Ivings Building de New-York fut plus grande encore, puisque le bâtiment fut terminé en quatre mois.

On voit à quelle rapidité d'exécution il est possible d'arriver, grâce à ces procédés particuliers, et à la condition toutefois que tout soit étudié et préparé à l'avance.

Ascenseurs.

Dans de semblables édifices, l'ascenseur devient le mode usuel de communication.

La New-York Building (de vingt-six étages) en a six, situés sur une même ligne, au centre du bâtiment.

Ils sont divisés en trois groupes.

Les numéros 1 et 2 vont jusqu'au huitième étage avec arrêt à chaque étage, et redescendent de même.

Les numéros 3 et 4 partent du rez-de-chaussée, montent sans arrêt jusqu'au huitième étage et, de là, jusqu'au seizième étage, en desservant chaque étage, avec même service pour la descente.

Les numéros 5 et 6 montent directement au seizième, puis jusqu'au sommet, en s'arrêtant à chaque étage et de même en descendant.

Le Monnadock Building, à Chicago, n'a que dix-sept étages, mais couvre une grande surface. Il y a quatre groupes de quatre ascenseurs chacun (soit seize en tout), situés en quatre points différents de l'immeuble. Mais ici chaque ascenseur dessert tous les étages à la montée et à la descente.

Au Temple maçonnique de Chicago, il y a seize ascenseurs, dont quatre vont jusqu'au sommet et permettent d'accéder sur la toiture-terrasse du bâtiment.

Avec l'intense activité qui règne toute la journée dans certains de ces immenses édifices, ces ascenseurs, fonctionnant continuellement, deviennent de véritables trains prenant à chaque station leurs voyageurs à l'aller comme au retour.

Leur vitesse atteint 2 m à la seconde, alors que nos ascenseurs de maisons parisiennes ne montent qu'à raison de 0,30 m à 0,40 m à la seconde.

En plus des ascenseurs, il existe de nombreux monte-charges pour les marchandises et les bagages.

Mais cette question d'ascenseurs n'est pas nouvelle. C'est un service qui n'est qu'agrandi en proportion de la hauteur de l'édifice.

Les escaliers qui restent, sont entièrement incombustibles selon les Règlements et ne servent plus que de secours, en cas d'incendie ou d'arrêt dans la marche des ascenseurs.

Chauffage, ventilation, etc.

Au contraire, des services comme la ventilation et le chauffage ont pris une telle importance qu'ils constituent véritablement des problèmes nouveaux.

Le système qui peut être considéré comme type est celui qui a été appliqué dans la construction Singer de New-York et à l'Astoria-Hotel. Cette dernière installation a coûté 275 000 £, soit 6 875 000 f. C'est celle que nous allons décrire rapidement.

L'Astoria est un hôtel dont les quatre étages inférieurs sont occupés par les restaurants et cafés-concerts, la salle de bal, etc.

Ces étages sont ventilés par cinq ventilateurs, dont l'un a 12 pieds (3,66 m) de diamètre et les autres 10 pieds (3,05 m).

L'air vicié est aspiré par cinq machines, dont trois de 9 pieds (2,75 m) de diamètre et deux de 8 pieds (2,44 m), et par neuf autres appareils aspiratoires de 6 à 3 pieds (1,83 m à 0,90 m) de diamètre.

Tous ces appareils sont mus par un moteur électrique de 400 ch.

Dans les chambres à coucher, le chauffage est effectué par des radiateurs placés directement dans l'allège des fenêtres et cachés par un écran.

L'air est tiré de la cour centrale par un puits de 14 m² d'ouverture, qui conduit au sous-sol à une grande chambre à air frais où se trouvent cinq grands ventilateurs. Cet air est poussé par ces ventilateurs dans un véritable tunnel de 49 m de long et d'une section de 2,15 m sur 3,70 m.

Ce conduit passe, en tranchée, dans le sous-sol et distribue l'air à tout l'hôtel, à l'exception de la salle de bal, ventilée séparément.

Toutes les pièces, sauf les cuisines et les sous-sols, reçoivent plus d'air que l'aspiration ne leur en enlève. Les rentrées d'air par les portes et fenêtres sont donc impossibles.

Dans les cuisines et sous-sols, l'inverse se produit et le léger vide ainsi obtenu empêche les odeurs de se répandre dans les étages.

Dans les grandes salles de l'hôtel (restaurants, salle de bal, etc.), l'air chaud arrive au plafond, au-dessus de la corniche et l'air vicié s'échappe par des ouvertures placées près du parquet ou derrière les loges (salle de bal). Cet air vicié est ensuite expulsé par un conduit débouchant sur le toit.

La salle de bal reçoit, par heure, dix fois son cube d'air et l'air vicié expulsé dans le même temps représente sept fois et demi ce cube.

La question de l'eau a été également l'objet d'études spéciales dont l'Astoria peut encore nous fournir un exemple typique.

Au sous-sol de l'hôtel sont les machines élévatoires, les arrivées d'eau, les filtres et les appareils réfrigérants.

L'hôtel a trois prises d'eau indépendantes, chacune étant suffisante pour assurer à elle seule, le débit, nécessaire à tous les services.

Toute l'eau arrivant à l'Astoria passe d'abord à travers deux grandes batteries de filtres. L'une d'elles fournit l'eau nécessaire à la consommation jusqu'au premier étage (en sous-sol : coiffeurs, bains, cabinets de toilette, water-closets et urinoirs; au rez-de-chaussée : cabinets de toilette et offices; au premier : dépendances des restaurants, cafés et salle de bal). Jusqu'à cette

hauteur, la pression de l'eau de la ville est suffisante pour assurer le service sans le secours de pompes.

L'autre batterie de filtres, la plus importante, déverse l'eau dans une citerne, où elle est ensuite distribuée à tous les étages. Cette citerne alimente de plus deux pompes à incendie constamment sous pression.

Les étages, à partir du premier, sont répartis en trois groupes de chacun cinq étages. Chaque groupe a une pression maxima d'environ 16 kg à l'étage le plus bas et de 5,500 kg à celui le plus haut.

Une pompe pouvant donner 200 m³ à l'heure est en réserve et peut doubler le service.

L'eau non utilisée par la canalisation du troisième groupe (onzième au seizième étage) est déversée sur le toit dans une citerne ouverte. Cette citerne constitue une petite réserve pour un usage momentané en cas d'accident.

Le sommet de toutes les colonnes montantes est réuni au plafond du seizième étage par une ceinture de 0,10 m de diamètre.

Les colonnes d'eau chaude sont établies de même et réunies également au même niveau à un collecteur qui se déverse dans un réservoir de 3800 l situé sur le toit, avec retour d'eau aux deux chaudières à haute pression situées en sous-sol.

La canalisation d'eau des cuisines est indépendante et organisée de telle sorte que ces cuisines peuvent se servir de la pression de la ville ou de celle du bâtiment.

Le système entier se compose donc d'une série de colonnes montantes et descendantes réunies à la base et au sommet avec des pompes de manière à former un système uniforme à haute pression dans toute la construction, sous la pression directe de ces pompes réglées automatiquement pour correspondre aux besoins.

Par cette revue rapide, on voit que les Ingénieurs et Architectes américains ont résolu ces problèmes nouveaux de construction et d'aménagement intérieur d'édifices d'une hauteur inconnue jusqu'à ces derniers temps.

Reste la question de l'aspect extérieur, de l'esthétique de ces bâtiments.

Cette question est-elle résolue ?

Dans le début, les architectes s'en soucièrent peu. Ils construisirent leurs façades de vingt étages, en perçant d'une multi-

tude de trous un immense mur vertical, comme dans le Temple maçonnique de Chicago ou dans le Saint-Paul Building de New-York.

Devant ces résultats insuffisants, ils cherchèrent à intéresser un peu ces façades en variant la forme des fenêtres.

Malheureusement, ce fut d'abord sans discernement, en accumulant les uns sur les autres tous les styles possibles, le roman sur le grec et l'égyptien sur le gothique. Ils suspendirent à un endroit un balcon, à un autre une file de treize bow-window superposés comme au Monnadock Building, prodiguèrent les colonnes et les pilastres, le tout sans règle, presque au hasard, si bien que chaque partie de l'édifice, chaque fenêtre avait sa décoration spéciale, et que l'intérêt de chaque partie n'aboutissait qu'à la confusion de l'ensemble.

Ce n'est qu'au bout d'une dizaine d'années d'une semblable compilation qu'ils cherchèrent à simplifier leurs façades, et, maintenant, les nouveaux Buildings ont une base sévère et solide d'aspect, un corps d'une simplicité voulue et malgré cela élégante, préparant par contraste l'effet des étages supérieurs sur qui est reportée la principale richesse décorative.

Car il ne faut pas oublier que ces monuments sont destinés à être vus de loin, que le recul de la rue est absolument insuffisant pour les juger, et que la silhouette des toits constitue un de leurs principaux éléments décoratifs.

Telle est la façade de la Manhattan Life de New-York, qui peut être considérée comme un des bons exemples de ce genre d'architecture.

Ainsi l'édifice forme un tout, une véritable composition où chaque partie reçoit un développement en rapport avec sa place dans l'ensemble, et la décoration qui convient à son intérêt dans l'effet général.

Quel est maintenant l'avenir réservé à l'essor de ces constructions géantes?

Il est difficile d'émettre un avis sur ce point.

Pourtant une réaction paraît se produire à ce sujet tant à cause des dangers immenses qui résulteraient d'un incendie, quelles que soient les précautions prises, que par suite des inconvénients que pourrait avoir, pour la salubrité d'une ville, la généralisation de bâtisses d'une hauteur disproportionnée avec la largeur des rues.

Diverses sommités médicales de Chicago ont émis des craintes

à ce sujet, et un projet de décret a même été rédigé, tendant à interdire la construction de maisons de plus de dix étages.

Mais, quel que soit le sort qui sera réservé à ces constructions, il y a là une œuvre originale, d'une hardiesse extrême, faisant le plus grand honneur au génie civil, et qui, à ce titre, méritait d'être signalée.

ANNEXE

RÈGLEMENT DES CONSTRUCTIONS DE LA VILLE DE NEW-YORK

Qualité des matériaux.

SABLE. — Le sable employé pour le mortier dans toutes les constructions doit être propre, exempt d'argile et de saletés, et ne doit pas être plus fin que l'échantillon type conservé dans le bureau du Département des Constructions.

MORTIER DE CHAUX. — Le mortier de chaux doit être fait d'une partie de chaux et de quatre parties, au maximum, de sable. Toutes les chaux employées pour le mortier doivent être de bonne qualité, soigneusement calcinées, et bien noyées avant d'être mélangées avec le sable.

MORTIER DE CIMENT. — Le mortier de ciment doit être fait de ciment et de sable dans les proportions d'une partie de ciment et de trois parties, au plus, de sable. Il doit être employé aussitôt fait. Le ciment et le sable doivent être mesurés et bien mélangés avant d'y ajouter l'eau.

Les ciments doivent être finement broyés et exempts de morceaux. Le ciment de Portland employé devra satisfaire aux conditions suivantes : 1° après un jour d'exposition à l'air, soutenir, sans rupture, un poids de 120 livres par pouce carré (9,080 kg par centimètre carré); 2° après un jour à l'air et six jours dans l'eau, supporter, sans rupture, un poids de 300 livres par pouce carré (22,700 kg par centimètre carré).

Les ciments autres que le Portland devront satisfaire aux conditions suivantes : 1° après un jour d'exposition à l'air, soutenir

sans rupture, un poids d'au moins 60 livres par pouce carré (4,540 kg par centimètre carré); 2° après un jour à l'air et six jours dans l'eau, supporter, sans rupture, un poids de 120 livres par pouce carré (9,080 kg par centimètre carré). Les essais sont faits sous le contrôle du Commissaire des Constructions ayant juridiction.

Mortier de ciment et de chaux. — Le mortier de ciment et de chaux mélangés devra être fait d'une partie de chaux, une partie de ciment, et trois parties, au plus, de sable pour chacun.

Béton. — Le béton pour les fondations devra être fait d'au moins une partie de ciment, deux parties de sable et cinq parties de pierres cassées, propres, et d'une grosseur telle qu'elles puissent passer dans une bague de 2 pouces (0,05 m). Le bon gravier propre peut être employé dans les mêmes proportions que la pierre cassée. Le ciment, le sable et les pierres doivent être mesurés et mélangés comme il est prescrit pour le mortier. Le béton, une fois en place, doit être convenablement pilonné.

Essais de matériaux nouveaux. — Les nouveaux matériaux de construction, de quelque nature qu'ils soient, devront être essayés afin de déterminer leurs caractère et qualités. Ces essais seront faits sous le contrôle du Commissaire des Constructions. L'architecte et le propriétaire sont tenus de déférer à ses prescriptions et ils signent avec lui le procès-verbal des essais effectués.

Fouilles et fondations.

Résistance des terrains a la compression. — Quand il n'est fait aucun essai de la résistance du sol, les différents terrains à la base des fondations pourront être estimés comme devant supporter les poids suivants :

Argile tendre, 1 t par pied carré (1,093 kg par centimètre carré) ;

Argile ordinaire et sable mélangés humide et élastique, 2 t par pied carré (2,186 kg par centimètre carré);

Terre grasse, argile ou sable fin, graviers durs ou argile dure, 4 t par pied carré (4,372 kg par centimètre carré).

Le Commissaire des Constructions a le pouvoir de décider la nécessité d'un essai. Quand un essai de résistance du sol est fait, le Commissaire des Constructions doit notifier s'il sera présent ou représenté. Le résultat doit être signifié au Département des Constructions. Quand un doute s'élève sur la résistance d'un terrain, le Département des Constructions peut ordonner que des forages soient faits ou que la résistance soit effectivement essayée, le tout aux frais du propriétaire devant construire.

Poids a la base des fondations. — Ce poids est calculé de la façon suivante pour les constructions de plus de trois étages de hauteur.

Pour les dépôts de marchandises et manufactures, le poids mort plus la totalité de la surcharge (établie par la section 130 du Code).

Pour les magasins et constructions légères, le poids mort plus 75 0/0 de la surcharge (établie par la section 130 de ce Code).

Même proportion pour les églises, les écoles et les endroits d'assemblée publique.

Pour les bureaux, hôtels, habitations, etc., le poids mort plus 60 0/0 de la surcharge (section 130 de ce Code).

Les fondations doivent être calculées de façon à répartir uniformément les charges.

Fondations. — Chaque construction, excepté celles construites sur le roc, doit avoir des fondations de briques, pierres, fer, acier ou béton reposant sur le bon sol, ou sur des pilotis ou des charpentes, quand le bon sol ou le roc n'est pas rencontré.

Les pilotis devant soutenir un mur de pierre ne devront pas être distants de plus de 36 pouces (0,90 m) ni de moins de 20 pouces (0,50 m) d'axe en axe et ils devront être enfoncés jusqu'au bon sol s'il est possible de l'atteindre. Leur nombre doit être suffisant pour supporter la construction projetée. Aucun pilotis ne devra être employé de dimensions moindres que 5 pouces (0,125 m) à la petite extrémité. Ils devront avoir un minimum de 10 pouces (0,250 m) au pied, pour les pilotis de moins de 20 pieds (6,10 m) de longueur, et de 12 pouces (0,300 m) au pied, pour les pilotis de plus de 20 pieds (6,10 m) en longueur.

Aucun pilotis ne devra être chargé d'un poids excédant 40 000 livres (18 160 kg). Quand un pilotis ne sera pas enfoncé jusqu'au

bon sol, sa charge maxima sera déterminée par la formule suivante :

$$P = \frac{2P'H}{p} + 1,$$

dans laquelle P = charge maxima que pourra supporter le pieu (exprimée en tonnes de 1 016 kg);

P′ = poids du mouton de la sonnette (en tonnes de 1 016 kg);

H = hauteur de chute du mouton au dernier coup (en pieds de 0,305 m);

p = enfoncement du pieu sous le dernier coup (en pouces de 0,025 m).

Le Commissaire des Constructions devra être averti quand de tels pilotis seront enfoncés.

Les sommets de tous les pieux seront coupés au-dessous de la plus basse ligne d'eau. Quand cela sera demandé, du béton sera mis entre les têtes des pilotis à une épaisseur qui ne pourra être inférieure à 12 pouces (0,300 m). Les charpentes posées sur les pieux de fondations devront être de bois dur, d'au moins 6 pouces (0,150 m) d'épaisseur, soigneusement assemblées, et leur sommet posé au niveau de la plus basse ligne d'eau. Quand on introduira du métal dans des fondations, ce métal sera soigneusement protégé de la rouille par une couche de peinture, asphalte ou ciment, sous le contrôle du Commissaire des Constructions.

Quand des fondations sont supportées par des piles de pierres, briques ou béton en caissons, les poids ne devront pas excéder 15 t par pied carré (16,400 kg par centimètre carré) quand ces piles reposeront sur le roc, et 10 t par pied carré (10,937 kg par centimètre carré), sur du gravier ferme ou de l'argile dure.

Constructions incombustibles.

Toutes les constructions telles que les écoles, théâtres, stations, hôpitaux, postes de police, etc., excédant une hauteur de 35 pieds (10,67 m), et les autres constructions excédant 75 pieds (22,87 m), excepté celles ayant une autorisation spéciale du Département des Constructions, devront être construites en matériaux incombustibles, c'est-à-dire avec des murs en pierre, bri-

-ques, ciment de Portland, béton, fer ou acier, dans lesquels ne rentrera aucune pièce en bois. Dans ces constructions, les planchers et combles devront être faits en matériaux désignés plus loin dans le chapitre des planchers incombustibles. Les escaliers devront être de pierre, brique, ciment, béton, fer ou acier. Aucun ouvrage en bois ou autre matière inflammable ne devra être employé dans aucune partie du bâtiment, sauf quand ce bâtiment n'excédera pas douze étages et n'aura pas plus de 150 pieds (45,75 m) de hauteur. Les portes, les fenêtres et leurs bâtis, les moulures et ornements, les aménagements intérieurs, les planchers et les lambourdes pourront être en bois, mais le vide existant entre ces dernières devra être rempli de matériaux incombustibles.

Dans les constructions excédant 150 pieds (45,75 m) et douze étages, les planchers, les portes, fenêtres et leurs bâtis, moulures et ornements, et les aménagements intérieurs devront être en matériaux incombustibles ou en bois recouvert de fer ou traité d'une façon quelconque le rendant incombustible, le tout sous le contrôle du Département des Constructions.

Il en sera de même pour toutes les cloisons, qui devront être incombustibles et il devra y avoir un intervalle d'au moins 12 pouces (0,30 m) entre les plafonds des salles et les portes ou fenêtres ouvrant dans ces cloisons.

Planchers incombustibles. — Les planchers incombustibles seront construits avec des poutres ou solives en fer ou acier calculées de façon que, sous la charge maxima, la flèche ne soit pas supérieure à 1/30 de pouce par pied de portée (0,0025 m pour 1 m de portée). Leur espacement ne sera pas supérieur à huit fois leur hauteur. Le hourdis sera constitué par des voûtains de briques. Ces voûtains auront une flèche maxima de 1 pouce 1/4 par pied d'écartement des solives (0,05 m pour 0,50 m). Ils auront une épaisseur minima de 4 pouces (0,10 m) pour une portée de moins de 5 pieds (1,525 m) et de 8 pouces (0,20 m) pour une portée supérieure à 5 pieds (1,525), à défaut d'une épaisseur imposée par le Conseil des Constructions. Ces voûtains seront faits de briques dures de bonne qualité, ou de briques creuses de dimensions ordinaires. Les briques seront bien mouillées et hourdées en mortier de ciment.

L'espace entre les poutres pourra aussi être rempli avec des poteries creuses d'argile de haute cuisson ou de terre cuite po-

reuse de densité uniforme, ou bien encore avec des arcs faits en ciment armé de Portland.

Dans le cas où ce hourdis serait constitué d'autre façon, il devra toujours l'être en une matière incombustible, et des essais devront être faits en présence et à la satisfaction du Conseil des Constructions.

Un rapport sera rédigé et déposé au Département des Constructions, montrant la nature des essais et leurs résultats. Ces essais seront faits à l'aide d'une plate-forme reposant sur le voûtain à expérimenter. Cette plate-forme sera chargée à raison de 150 livres par pied carré (0,073 kg par centimètre carré). Le voûtain sera également soumis, pendant la charge et durant quatre heures, à une température de 1 700 degrés Farenheit (940 degrés centigrades), puis inondé d'eau par un tuyau de 1 pouce 1/8 (0,028 m) sous une pression de 60 livres (27,240 kg) pendant cinq minutes et enfin chargé à nouveau d'un poids de 600 livres (272 kg). Le maximum de la flèche ne devra pas excéder 2 pouces 1/2 (0,062 m).

Aucune matière susceptible de geler ne doit être utilisée pendant un temps froid, à moins d'employer un procédé quelconque empêchant cette congélation.

Toutes les parties vues des poutres et solives devront être entièrement cachées avec de l'argile de haute cuisson, de la terre cuite poreuse ou toute autre matière incombustible.

Toutes les ouvertures faites dans le revêtement incombustible pour le passage des tuyaux doivent être indiquées sur les plans. Quand le plancher est posé, aucune ouverture de plus de 8 pouces (0,20 m) ne doit être faite sans être encadrée de fer et de telles ouvertures doivent être remplies de matières incombustibles une fois les tuyaux en place.

Constructions de fer et d'acier.

Construction de la charpente. — Les colonnes employées pour supporter des poutres de fer ou d'acier soutenant des murs doivent être en fonte, en fer ou en acier et protégées sur les faces vues, intérieures ou extérieures, par des revêtements en briques ayant au moins 8 pouces (0,20 m) d'épaisseur du côté extérieur et au moins 4 pouces (0,10 m) du côté intérieur. Les poutres devront également être recouvertes d'un revêtement en briques d'au moins 4 pouces (0,10 m) d'épaisseur dans les parties exté-

rieures. Si, à l'intérieur, la poutre est déjà protégée à moitié par un mur, elle pourra être revêtue de terre cuite ou de ciment dans les parties vues.

Colonnes en fonte. — Ces colonnes doivent avoir au moins 5 pouces (0,125 m) de diamètre et 3/4 de pouce (0,018 m) d'épaisseur. Elles ne doivent pas avoir une hauteur libre supérieure à vingt fois leur diamètre à moins qu'elles ne fassent partie de la cage d'un ascenseur ou d'un escalier. Dans ce cas, le Commissaire des Constructions pourra autoriser une hauteur libre plus grande. Lorsqu'une colonne est en plusieurs morceaux, chaque partie doit être plus courte que celle qui est placée au-dessus. Le métal doit être taraudé sur une longueur d'au moins 6 pouces (0,15 m), à moins que l'assemblage ne soit fait par un joint plat d'une force suffisante pour répartir uniformément la charge. L'épaisseur du métal doit être d'au moins 1/12 du plus grand diamètre.

Colonnes doubles. — Dans tous les cas où des colonnes de fer ou d'acier sont utilisées pour supporter un mur ou une partie de mur, soit extérieur, soit intérieur, de même que pour les colonnes situées au-dessous du niveau de la rue et supportant des murs extérieurs, on devra employer des colonnes doubles, une intérieure et une extérieure. La colonne intérieure devra pouvoir, à elle seule, supporter la totalité de la charge, et la colonne extérieure sera de 1 pouce (0,025) plus courte que la colonne intérieure.

Poids des étages. — Les poids morts dans toutes les constructions sont constitués par le poids des murs, parquets, charpentes, séparations ou cloisons et, en général, toutes les parties permanentes de la construction. La surcharge consiste en tous les autres poids ajoutés, et est donc variable avec la destination de l'édifice.

Chaque étage devra être suffisamment fort pour porter son poids mort augmenté de sa surcharge.

Si la maison est à usage de maison locative, d'hôtel, etc., chaque étage devra pouvoir supporter dans toutes ses parties un minimum de 60 livres par pied carré (290 kg par mètre carré).

Pour des bureaux, à chaque étage, 75 livres par pied carré (365 kg par mètre carré) au-dessus du premier étage, et pour les autres 150 livres (730 kg par mètre carré).

Pour une école, 75 livres par pied carré (365 kg par mètre carré).

Pour une salle de réunion publique, 90 livres par pied carré (440 kg par mètre carré).

Pour un magasin, entrepôt ou manufacture de marchandises légères, 120 livres par pied carré (586 kg par mètre carré).

Pour un magasin ou entrepôt pour marchandises lourdes, au moins 150 livres (730 kg par mètre carré).

Pour des ateliers ayant des machines aux étages, le minimum de force en rapport avec le degré de vibration transmis est indiqué par le Commissaire des Constructions ayant juridiction.

Les charpentes de toitures ayant une inclinaison maxima de 20 degrés devront pouvoir porter une surcharge de 50 livres par pied carré (244 kg par mètre carré). Pour plus de 20 degrés, la surcharge se réduit à 30 livres par pied carré (146 kg par mètre carré).

Charges que peuvent supporter les matériaux.

Le poids à supporter par un ouvrage en briques est fixé à 8 t par pied carré (8,858 kg par centimètre carré) quand il est hourdé en mortier de chaux, 11,5 t (12,576 kg par centimètre carré) quand il est hourdé en mortier de ciment et de chaux mélangés, et 15 t (16,400 kg par centimètre carré) pour le mortier de ciment.

Pour un ouvrage en pierre, le poids fixé est de 12 t (13,123 kg par centimètre carré) quand il est employé du ciment de Portland, 8 t (8,858 kg par centimètre carré) pour les autres ciments, 7 t (7,655 kg par centimètre carré) pour le mortier de chaux et de ciment, et 5 t (5,468 kg par centimètre carré) pour le mortier de chaux.

Poids de certains matériaux. — Pour calculer le poids des murs on prendra pour bases les chiffres suivants : un pied cube de maçonnerie de briques doit être estimé à 115 livres (1 864 kg le mètre cube). Le marbre blanc, le granit et les autres sortes de pierres doivent être estimés à 170 livres le pied cube (2 756 kg le mètre cube).

Coefficients de sécurité. — Quand l'unité de force n'est pas indiquée dans ce Code, on peut se baser sur un rapport de :

1/4 pour les métaux soumis à l'extension;

1/6 pour les bois de construction;

1/10 pour les pierres naturelles ou artificielles ou des briques.

Pression du vent. — Toute construction exposée à l'action du vent devra pouvoir résister à une pression horizontale de 30 livres par pied carré (146 kg par mètre carré) de surface exposée de la base au sommet, toiture comprise. Dans les constructions au-dessous de 100 pieds (30,50 m) de hauteur, cette hauteur ne doit pas excéder quatre fois la largeur de la base et l'on peut, dans ce cas, négliger l'action du vent.

SECTION DE MÉTALLURGIE

DU

CONGRÈS DE LIÉGE 1905

COMPTE RENDU

PAR

M. A. GOUVY

I

NOTE SUR LES QUESTIONS TRAITÉES AU CONGRÈS

Le Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquées, qui a été tenu à Liége du 25 juin au 1er juillet 1905, avait réuni environ 1 600 membres, c'est dire qu'il a été l'un des plus importants Congrès réunis à Liége pendant la durée de l'Exposition.

Les membres étant répartis en quatre sections distinctes dont les réunions avaient lieu simultanément, nous ne traiterons ici que les questions soumises à la section de métallurgie.

Le Président de cette section était M. A. Greiner ; a ses côtés ont été élus comme présidents d'honneur : MM. Hadfield, Le Chatelier, von Ehrenwerth, Jules Goujon et Goret ; MM. Lodin et Wedding, représentant les Gouvernements français et allemand, ont été invités à prendre place au bureau.

Les diverses communications faites en séance et les discussions qui en ont été la conséquence devant paraître dans la publication spéciale du Congrès, nous nous contenterons d'en résumer ici les points les plus essentiels. Pour plus de clarté, nous les avons classés par « ordre métallurgique, » en commençant par les questions relatives aux fours à coke et aux hauts fourneaux, pour finir par celles concernant les laminoirs et les fabrications diverses.

Utilisation des charbons pauvres en matières agglutinantes pour la fabrication du coke, par M. H. Hennebutte.

Cette question est aujourd'hui de plus en plus importante pour les charbonnages de certaines régions dont les couches grasses sont plus ou moins épuisées, et l'intérêt que peuvent présenter les résultats obtenus par M. Hennebutte n'échappera à aucun métallurgiste.

M. Hennebutte ajoute à la houille à traiter une certaine proportion de matière agglutinante dont il n'indique pas la composition mais qu'il désigne sous le nom de « cément » ; il a obtenu en exploitation courante, avec des houilles ne contenant que de 12 à 15 0/0 de matières volatiles, des cokes d'excellente qualité aussi bien au point de vue de la porosité nécessaire qu'au point de vue de la résistance à l'écrasement qui atteignait 130 kg par cm^2.

Les indications fournies par M. Hennebutte ont été, du reste, certifiées par M. Greiner, et il semble en ressortir que la fabrication d'un bon coke métallurgique avec des houilles relativement maigres, peut être considérée comme résolue aujourd'hui sans augmentation exagérée du prix de revient du coke produit par ce procédé.

Essais de qualité du coke.

A la suite de la communication de M. Hennebutte, M. E. Lecocq, chimiste à Charleroi, a présenté au Congrès une sorte de broyeur à boulets destiné à établir la dureté relative des cokes métallurgiques, d'après la proportion de menu produite dans un temps donné, toutes conditions égales d'ailleurs.

Des résultats analogues peuvent être obtenus, du reste, avec de simples trommels coniques à trois sortes de mailles, ainsi que le fait constater M. Greiner.

Étude de l'ensemble du haut fourneau et spécialement de l'influence de la dessiccation du vent, par M. A. Lodin.

L'étude très complète présentée par M. Lodin ne peut être résumée ici, et nous devons nous contenter de renvoyer aux notes diverses déjà publiées sur la question de la dessiccation

du vent par le procédé Gayley, aussi bien par M. Lodin lui-même que par d'autres Ingénieurs, ainsi qu'au résumé paru au Bulletin de la Société (mars 1905).

Toutefois, M. Divary, Ingénieur en chef du Creusot, a présenté au Congrès une série de chiffres résumant des essais faits par lui sur des hauts fourneaux en allure de fonte Thomas avec vent de 700 à 800 degrés et que nous reproduisons ci-dessous :

MOIS (1904)	VAPEUR D'EAU PAR MÈTRE CUBE d'air aspiré	AUGMENTATION DE LA CONSOMMATION de coke par tonne de fonte par rapport à janvier	PRODUCTION d'un HAUT FOURNEAU en vingt-quatre heures
	grammes	kilogr.	tonnes
Janvier	6,3	»	90,5
Février	6,6	10	88,7
Mars	7,6	13	87,2
Avril	7,7	47	81,2
Mai	10,0	56	78,3
Juin.	11,7	103	75,7
Juillet.	13,0	133	70,0
Août	12.0	90	76,6
Septembre. . . .	9,3	55	90,0
Octobre	8,0	28	86,0
Novembre	7,6	25	86,5
Décembre	7,0	27	88,5

Il ressort de ces chiffres que l'augmentation de la teneur en vapeur d'eau de l'air insufflé dans les conditions climatériques spéciales au Creusot, occasionnerait une augmentation moyenne annuelle de la consommation de coke d'environ 49 kg par tonne de fonte; admettant une consommation de 1 000 kg de coke par 1 000 kg de fonte, cela représenterait une différence en plus de 5 0/0 à peine par rapport au mois le plus sec de l'année; ce chiffre de 5 0/0 a été admis déjà par les différents calculs établis et il reste à savoir s'il justifie suffisamment les installations coûteuses et relativement compliquées d'appareils de congélation, et si les variations de marche d'un haut fourneau produites par l'humidité de l'air ne peuvent pas être combattues par d'autres mesures plus simples et plus pratiques.

Épuration des gaz de hauts fourneaux.

M. E. Bian, de Dommeldange (Luxembourg), après avoir présenté un aperçu général de la question au point de vue économique, a décrit un appareil construit par lui en vue d'obtenir une épuration relative des gaz. M. Bian estime que cette épuration peut donner, pour un haut fourneau de 100 t par vingt-quatre heures, une économie annuelle directe d'environ 46 000 f. Toutefois l'appareil Bian, composé de disques en toile métallique tournant lentement dans un bain d'eau froide et ayant pour but le filtrage des gaz au travers de minces nappes d'eau, ne peut produire l'effet dynamique nécessaire pour une épuration convenable des gaz, ceux-ci devant être traités encore dans un ventilateur à injection d'eau ou tout autre appareil analogue; les gaz introduits dans l'appareil Bian à une température de 185 degrés environ, en sortant à 30 degrés seulement, celui-ci semble être un excellent refroidisseur et, à ce titre, il est susceptible de rendre des services dans les installations d'épuration, étant donné que l'effet utile des appareils dynamiques appliqués à la suite du refroidisseur se trouve ainsi sensiblement augmenté.

Emploi des laitiers de hauts fourneaux pour la fabrication des ciments et mortiers hydrauliques.

Cette industrie spéciale, qui a pris aujourd'hui une grande importance au point de vue de la réduction du prix de revient de la fonte par l'utilisation maxima des sous-produits ou déchets de la fabrication, a été l'objet de deux communications se complétant l'une l'autre.

La première note, présentée par M. C. de Schwarz, de Liége, traite en détail des perfectionnements pratiques apportés à la fabrication des ciments de laitier, tels que de la granulation, des mélanges, de la calcination, du broyage, etc., et de l'emploi de ces produits.

La seconde note, de M. le professeur H. Wedding, de Berlin, expose notamment les conditions physiques et chimiques de la fabrication des mortiers hydrauliques, leurs compositions, etc.

Enrichissement des gaz de hauts fourneaux.

Cette question, qui ne figurait pas au programme, a été traitée à la dernière séance par M. le professeur von Ehrenwerth, de Leoben (Autriche), qui propose d'augmenter la teneur des gaz en oxyde de carbone en faisant traverser à ceux-ci un ventilateur de construction spéciale muni d'une fente sur la périphérie de l'enveloppe au refoulement. L'acide carbonique devant, selon M. von Ehrenwerth, se séparer des autres gaz du mélange comme étant beaucoup plus dense ($d = 1{,}529$) serait expulsé du ventilateur par la fente ci-dessus, tandis que l'oxyde de carbone ($d = 0{,}967$) mélangé à l'azote ($d = 0{,}972$) refoulé par l'orifice normal fournirait un mélange gazeux plus riche. MM. Le Chatelier et Fouché ont fait observer que cette séparation de l'acide carbonique, possible en principe, n'est cependant praticable en réalité qu'avec des gaz à l'état naissant, un mélange intime n'étant plus susceptible de triage.

M. von Ehrenwerth mentionne aussi un procédé d'enrichissement du gaz basé sur la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone au moyen de charbon en ignition; il est douteux cependant que les frais d'enrichissement puissent être couverts par les avantages que l'on en retirerait.

Nouveaux procédés de fabrication de l'acier sur sole.

M. P. Acker, Ingénieur de la Société Cockerill, a résumé d'une manière intéressante les diverses méthodes employées ou préconisées actuellement pour la fabrication des aciers sur sole, et qui toutes sont basées sur l'emploi de la fonte liquide; nous mentionnerons le procédé au minerai ordinaire, le procédé Bertrand-Thiel dans lequel on emploie deux fours à sole successifs, le procédé duplex combinant un convertisseur avec un four à sole, et enfin le four Talbot et la simplification adoptée par Surzycki, à Czenstochow, en Pologne.

Nous croyons intéressant de reproduire ici quelques chiffres communiqués au Congrès par M. Acker et ayant trait à des essais faits en grand dans les cinq fours Martin, de 25 à 30 t, de l'usine de Jurjewka (Russie) avec fonte liquide et minerai de Krivoï-Rog; ce minerai, à 65 0/0 de fer, contenait 0,1 0/0 de phosphore;

la fonte prise dans un mélangeur de 150 t donnait à l'analyse :

Si = 1,00 à 1,50	S = 0,03 à 0,05
Mn = 2,25 à 3,00	Ph = 0,15 à 0,25

En juillet 1904, on a obtenu une production moyenne, par four et par vingt-quatre heures, de 98 t, avec une consommation de houille totale, chauffage des jours fériés compris, de 200 kg par tonne d'acier.

Le tableau ci-contre indique l'étude chimique d'une coulée dont la composition de charge était la suivante :

Fonte	21 520 kg	Poids de la crasse : 5 000 kg
Minerai	3 200	
Calcaire	960	
Spiegel.	96	
Ferromanganèse .	224	

En ce qui concerne spécialement le procédé Talbot, M. Acker est d'avis, et en cela il est d'accord avec de nombreux spécialistes, que ce procédé doit être employé principalement pour un acier ne dépassant pas 50 kg de résistance, et doit être momentanément écarté pour la fabrication des aciers durs; étant donné son prix de revient supérieur à celui de l'acier Thomas, ce dernier sera préféré partout où l'on aura à sa disposition des fontes à teneurs suffisantes de phosphore.

Les principales conclusions de M. Acker, et qui nous paraissent parfaitement pratiques, peuvent se résumer comme suit :

a) Les nouvelles aciéries Martin doivent être installées aussi près que possible des hauts fourneaux, de façon à profiter des avantages que présente l'emploi de la fonte liquide, voire même de mélangeurs, savoir : réduction de la main-d'œuvre, opérations de plus courte durée d'où augmentation de production, économie de houille, indépendance du marché des riblons au moins en partie, enfin, possibilité d'emploi de la force motrice produite par les gaz de hauts fourneaux.

b) Quant au choix du procédé à employer dans chaque cas particulier, il dépend de la nature du minerai, et, par suite, de celle de la fonte qu'on a à sa disposition, ainsi que de la qualité de l'acier à fabriquer.

Si un minerai est, par exemple, peu phosphoreux, on pourra travailler en fonte liquide et minerai, comme à Jurjewka. Si le minerai contient plus de phosphore, mais en dessous de 1,8 0/0,

HEURES	N°s DES PRISES	BAIN MÉTALLIQUE					SCORIE						OBSERVATIONS
		C	Si	Ph	S	Mn	Fe	FeO	Fe^2O^3	Mn	SiO^2	PhO^5	
2 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Chargement de la fonte liquide.
2 15	1	4,23	1,54	0,16	0,02	2,76	—	28,96	—	—	—	—	Réaction ordinaire.
2 25	2	3,79	0,34	0,03	0,01	0,66	21,31	21,31	2,54	15,78	21,00	1,85	Réaction plus forte.
2 45	3	3,57	0,09	0,02	0,01	0,35	17,79	19,05	1,70	15,92	25,20	2,11	Bain chaud.
3 »	4	3,46	0,05	0,01	0,02	0,31	16,35	27,45	2,21	15,53	25,05	2,03	Réact. faible. Add^on 1 200 kg minerai.
3 25	5	2,94	0,05	0,02	0,01	0,28	23,24	11,45	2,70	12,99	22,03	1,60	La crasse déborde.
4 45	6	1,74	0,05	0,01	0,04	0,42	9,96	12,05	1,54	12,46	27,40	1,34	Add^on 400 kg minerai.
5 »	7	1,64	—	0,01	0,04	0,38	11,03	11,74	2,66	12,05	27,00	1,60	— 400 kg minerai, 300 kg castine.
5 30	8	0,93	—	0,01	0,04	0,38	9,72	10,67	0,84	11,56	25,90	1,52	— 160 kg minerai, 480 kg castine.
5 55	9	0,79	—	0,01	0,03	0,42	9,49	9,92	1,70	11,28	24,80	1,41	Bain réchauffé; add^on 200 kg castine.
6 10	10	0,55	—	0,04	0,02	0,45	8,78	8,69	1,53	11,07	24,90	1,27	—
7 15	11	0,06	—	0,03	0,04	0,52	7,71	8,60	1,36	10,30	23,95	1,34	Avant le débouchage.
7 30	12	0,07	—	0,02	0,04	0,70	—	—	—	—	—	—	A la coulée.

ce sera le procédé Bertrand-Thiel qui pourra être pris en considération. Si, enfin, on se propose de fabriquer couramment du fer fondu (acier extra-doux), on pourra obtenir de bons résultats avec les procédés Talbot ou Surzycki; pour les grandes productions, lorsqu'on dispose de fonte assez phosphoreuse, c'est le procédé Thomas qui est le plus recommandable.

Appareil de chargement pour fours Martin.

L'application des chargeuses mécaniques pour fours à sole ayant pris un développement de plus en plus grand, eu égard aux avantages que ces appareils présentent au point de vue du prix de revient des aciers Martin (production plus élevée, moindre consommation de combustible, entretien réduit du four, etc.), ils ont été perfectionnés par les divers constructeurs, qui tantôt les installent sur des chariots se déplaçant sur la plate-forme en avant des fours, tantôt les suspendent à des ponts roulants, ce qui permet les mouvements les plus variés du levier portant les récipients pour matières à charger.

M. Kainscop, Ingénieur-constructeur à Lens, a exposé au Congrès, dans cet ordre d'idées, les principes d'une chargeuse mécanique de son système, dans laquelle cinq mouvements différents sont obtenus avec un seul électromoteur, savoir : le déplacement de l'ensemble de l'appareil; l'avancement et l'oscillation du levier dans un plan vertical; la rotation de ce levier autour de son axe; enfin, sa rotation autour d'un axe vertical.

La discussion qui a suivi l'exposé de M. Kainscop ne présentait cependant qu'un intérêt relatif, aucun dessin n'ayant été présenté au Congrès.

Désulfuration au cubilot et au mélangeur.

La question de la désulfuration des fontes a été traitée par M. Puissant d'Agimont, Ingénieur à Hautmont, qui a rappelé les résultats obtenus au cubilot Rollet, et fourni quelques chiffres relatifs à des essais repris par lui.

Il a communiqué ensuite un dessin d'un nouveau système de mélangeur de fonte, à deux compartiments, permettant de séparer la scorie de la fonte avant son transvasement dans la poche de l'aciérie; un mélangeur de ce genre aurait déjà fonctionné à

Esch (Luxembourg), ainsi que le constate M. Magery; cependant, les résultats obtenus ne doivent pas encore être considérés comme concluants.

Procédés supprimant la retassure des lingots d'acier.

Cette communication, qui n'a pas été faite par suite de l'absence du rapporteur, M. R. M. Daelen (1), rappelle les divers brevets pris tout d'abord par Whitworth, en Angleterre, en vue de réduire les déchets produits par les retassures, sensibles surtout dans les lingots d'un certain poids, soit au-dessus de 5 000 kg; M. Daelen avait repris la question vers 1865, en employant la coulée en source, et une pression à l'intérieur de la masse de métal, produite par un piston.

Après W. Motcalf (1883), c'est M. Harmet, de Saint-Étienne, qui a installé le tréfilage du lingot dans la lingotière. Cependant, M. Daelen préconise un procédé moins coûteux et consistant à maintenir à une température élevée, ou à réchauffer par divers moyens, la partie supérieure du métal dans la lingotière; on peut se servir, à cet effet, d'un chalumeau à gaz, ou bien encore ajouter du métal liquide, de la scorie, etc.; des essais en vue de l'emploi d'un courant électrique, poursuivis par MM. Daelen et Riemer, étaient en cours, mais n'ont pas encore donné de résultats définitifs.

Fabrication électrique des aciers.

M R. Pitaval fait un exposé des diverses méthodes appliquées jusqu'à présent dans la fabrication électrique des aciers, et fait prévoir de nombreuses applications du produit perfectionné que l'on obtient.

M Gin, Ingénieur à Paris, complète les observations de M. Pitaval, et établit quelques chiffres relatifs à la consommation d'énergie dans la fabrication des aciers au four électrique, en partant du minerai, de la fonte ou d'acier liquide; toutefois, ces chiffres, n'étant pas basés sur des essais pratiques, ne peuvent guère être considérés comme concluants.

(1) M. Daelen est décédé depuis à Dusseldorf.

Composition des aciers. — Métallographie.

Une série de communications relatives à la métallographie microscopique et à la composition des aciers a été l'une des caractéristiques du Congrès de Liége, et fait prévoir l'application de plus en plus étendue de ces méthodes scientifiques d'investigation à la pratique des exploitations industrielles.

Il y a lieu de faire ressortir les exposés intéressants de MM. Le Chatelier et Guillet, ainsi que les observations diverses qu'ils ont suscitées; une grande partie de ces questions a déjà été traitée, sous une autre forme, devant la Société des Ingénieurs Civils, et nous renverrons les intéressés aux Bulletins correspondants.

La nature même de ces études ne permet guère de les résumer utilement dans ce compte rendu; nous devons donc nous contenter de les mentionner sommairement :

M. Le Chatelier a tout d'abord présenté au Congrès quelques observations sur *la technique de la métallographie microscopique*, au point de vue des installations et appareils adoptés aujourd'hui dans les laboratoires; il a traité du dégrossissage et du polissage des surfaces à examiner, des procédés d'attaque de ces surfaces, du microscope et de l'appareil photographique; il considère que, pour l'éclairage des surfaces à photographier, c'est la lampe Nernst qui est préférée.

Il a traité ensuite *l'examen métallographique des fers et des aciers*, en donnant quelques exemples des applications qu'on peut faire de ces méthodes à la métallurgie, et plus particulièrement à celle de l'acier. De nombreuses projections, expliquées par M. Le Chatelier avec une grande clarté, montrent la façon dont les praticiens peuvent utiliser l'examen microscopique des diverses particularités des surfaces d'échantillons de métal poli.

Dans le même ordre d'idées, M. L. Guillet a fait l'étude des *aciers spéciaux*, qu'il classe en deux groupes principaux, savoir : 1° les aciers ternaires, comprenant les alliages de fer, de carbone et d'un troisième corps ajouté intentionnellement, les impuretés ne dépassant pas les pourcentages normaux; 2° les aciers quaternaires, alliages de fer, de carbone et de deux autres corps. M. Guillet étudie successivement les aciers ternaires, qui comprennent les aciers au nickel, au manganèse, au chrome, au tungstène, au molybdène, au vanadium, au silicium et à l'alu-

minium, au point de vue de leurs propriétés chimiques, physiques, électriques et mécaniques, et de leurs traitement et applications industriels; il passe ensuite à une étude analogue des aciers quaternaires dont les trois sortes principalement employées dans l'industrie sont les aciers au nickel-chrome, au chrome-tungstène et au manganèse-silicium; viennent ensuite les aciers au nickel-manganèse, au nickel-silicium et au nickel-vanadium, moins usités, mais présentant un certain intérêt scientifique.

Il y a encore des aciers plus complexes que les aciers quaternaires, mais qui ne se fabriquent guère dans la pratique; toutefois M. Guillet signale un acier de ce genre, dont il n'indique pas la composition, et qui est fabriqué aux usines d'Imphy depuis peu; cet acier donne les résultats suivants :

Recuit au rouge-cerise à 900 degrés :
R = 50 à 55 kg, E = 40-45 kg, A 0/0 : 30 à 25;
Trempé à 850 degrés non recuit :
R = 130 à 140 kg E = 115-125 kg, A 0/0 = 10 à 8.

M. Robert A. HADFIELD a, d'autre part, communiqué au Congrès les résultats d'essais faits par lui en vue d'établir *l'effet de la température de l'air liquide sur les propriétés mécaniques et autres du fer et de ses alliages*, et arrive à certaines conclusions intéressantes en ce qui concerne l'influence relative du carbone, du manganèse et du nickel combinés au fer.

M. Pierre DELVILLE, Ingénieur à Angleur, présentait de son côté une note sur l'*influence du titane sur les fontes et aciers*, dans laquelle il traite des minerais de titane et de leur emploi au haut fourneau, des fontes titanifères, des ferrotitanes et des aciers titanifères. Il cite aussi des essais faits au point de vue de l'application de l'aluminothermie à l'introduction du titane dans les bains métalliques, et en conclut que le titane agit surtout sur les aciers par voie chimique en réduisant les oxydes dissous dans le métal et éliminant l'azote particulièrement en présence du carbone de l'acier.

M. Delville a terminé sa communication par quelques observations intéressantes sur l'influence de l'arsenic dans les fontes et les aciers; il trouve que la teneur maxima admissible dans ces métaux est déterminée par la formule $(2As + S) \leqslant 0{,}1$ 0/0.

Double trempe des grosses pièces en acier forgé.

Ce sujet, éminemment intéressant pour les ateliers fabriquant les grosses pièces de machines en acier forgé, a été traité par M. A. Pierrard, Ingénieur en chef des Constructions maritimes, sur base des essais pratiques faits aux usines Cockerill par M. Gomez, Ingénieur du service des forges de cette usine.

M. Pierrard arrive à conclure qu'il ne peut plus rester le moindre doute quant à la nécessité d'abandonner à l'avenir l'acier recuit pour la fabrication des grosses pièces de machines et particulièrement pour celle des arbres de couche des navires; si l'on fait abstraction des aciers au nickel dont le prix est très élevé, c'est l'acier très doux doublement trempé qui semble répondre le mieux aux conditions pratiques de résistance élastique et de fragilité.

La double trempe consiste à immerger la pièce en acier doux à 900 degrés dans de l'eau à 50 degrés, à la recuire à basse température et à la refroidir de nouveau dans de l'eau à 50 degrés.

Aux ateliers Cockerill on a cependant remplacé l'eau chaude par de l'huile froide, et on a obtenu d'excellents résultats; c'est ainsi que, par exemple, pour un arbre brut de forge pesant 15 000 kg, on a fait usage d'un bac rectangulaire en tôle contenant 30 000 à 40 000 l d'huile et dans lequel on plongeait l'arbre en long à sa sortie du four; on ralentissait alors l'échauffement de la masse d'huile en laissant écouler l'huile la plus chaude par un déversoir et en la remplaçant par de l'huile froide; l'huile chaude était amenée dans un appareil réfrigérant et réemployée peu après. La trempe horizontale des arbres est moins recommandable, surtout pour les pièces forées au centre, que la trempe verticale dans une cuve profonde; aussi avait-on soin, pour la trempe horizontale, d'enrouler une chaine autour de l'arbre à tremper à sa sortie du four et de le faire tourner lentement autour de son axe, de façon à présenter successivement toutes les génératrices aux couches d'huile les plus froides.

L'électricité appliquée aux trains de laminoirs.

En présence du développement rapide pris en ces derniers temps par l'utilisation de la force motrice produite par les gaz de hauts fourneaux, la communication de M. L. Creplet, Ingénieur de la Compagnie internationale d'électricité à Liége, mérite

une mention toute spéciale; en effet, les gaz peuvent être utilisés après épuration, dans des moteurs à gaz actionnant de préférence les dynamos génératrices d'une station centrale électrique distribuant l'énergie aux divers appareils d'une usine; ce sont les laminoirs qui sont susceptibles de consommer la plus grande partie de cette énergie; l'application de l'électricité à ces appareils présente donc un intérêt pratique immédiat.

M. Creplet étudie d'abord les variations de l'effort à développer pour le laminage et conclut à ce que, pour arriver à uniformiser la puissance du moteur de laminoir il faut permettre à la vitesse de varier. Dans le cas d'une machine à vapeur, la vitesse varie proportionnellement avec la charge, et ce dans des limites très grandes, sans inconvénients; avec moteurs électriques il y a lieu d'augmenter par contre l'influence régulatrice du volant, ce à quoi on arrive, soit en renforçant le poids des masses tournantes soit en y substituant l'acier à la fonte, soit enfin en agissant sur l'écart de vitesse. M. Creplet n'envisage que cette dernière manière de faire qui est spécialement du domaine de l'électricité; il est d'avis que c'est le courant continu qui présente le moins de difficultés, parce qu'il permet de faire varier la vitesse dans de grandes limites et que l'on peut la faire tomber de 50 0/0 de sa valeur sans nuire au rendement. M. Creplet expose le principe d'un « égalisateur de puissance » étudié par la Société internationale d'électricité et qui semble donner de très bons résultats; de même M. Meller, Ingénieur à Liége, serait parvenu à réaliser un moteur triphasé capable de développer sa pleine puissance à diverses vitesses avec un rendement et un facteur de puissance sensiblement constants.

La Société anonyme de Grivegnée possède un train marchand commandé par moteur de 450 à 900 ch « compound », muni de l'égalisateur de puissance; la vitesse peut varier à vide entre 350 et 220 tours; avec la charge, elle tend vers 180 tours environ.

La Société anonyme de la Providence à Marchienne-au-Pont, a commandé un moteur de 500 à 1 000 ch permettant à vide des variations de vitesse allant de 300 à 150 tours, soit donc dans le rapport de 2 à 1.

La Société d'Ougrée-Marihaye prévoit de même un moteur de laminoir de 1 000 à 1 500 ch devant tourner à tous les régimes compris entre 75 et 135 tours, la variation de vitesse étant ici de 50 0/0.

En résumé, M. Creplet conclut que le moteur triphasé ou à courant continu peut être rendu aussi docile que la machine à vapeur, grâce aux moyens dont on dispose aujourd'hui.

A la suite de cette communication, le Congrès a pris connaissance d'une note intéressante, venant pour ainsi dire la compléter et qui lui avait été adressée par M. Carl Ilgner, Ingénieur électricien, à Vienne (Autriche). Dans cette note, M. Ilgner expose son avis relativement à l'*application de l'électricité aux trains de laminoirs*, et trouve que cette application n'est vraiment rationnelle que lorsque l'on dispose de gaz de hauts fourneaux, et qu'il n'est pas nécessaire de produire l'énergie avec un combustible spécial; il considère trois cas distincts d'application de l'électricité, qu'il discute successivement, savoir :

a) Les trains réversibles, auxquels le moteur à gaz n'est pas applicable directement, peuvent être actionnés par moteurs électriques grâce au dispositif spécial proposé par M. Ilgner et appliqué déjà dans de nombreux cas aux machines d'extraction pour mines; les pertes dues à la transformation de l'énergie et au transport à une certaine distance, entre l'arbre du moteur à gaz et le laminoir sont, il est vrai, très appréciables si l'on prend comme point de comparaison une machine à vapeur attaquant directement le laminoir; mais ces pertes sont compensées largement, non seulement par l'emploi du gaz des fourneaux, mais aussi parce que les moteurs à gaz d'une station centrale électrique travaillent sous une charge égale et régulièrement;

b) Les trains gros et moyens à marche continue; pour ceux-ci les avantages de l'électricité par rapport au moteur à gaz à attaque directe sont énormes, parce que l'on peut employer dans la station centrale de grands moteurs à gaz travaillant toujours à pleine charge, c'est-à-dire dans les meilleures conditions au point de vue du rendement et de l'entretien ; de plus, la force nominale de ces moteurs sera, en réalité, de beaucoup inférieure à la force nécessitée par les machines attaquant les trains directement, et M. Ilgner croit pouvoir compter sur une économie de force par l'emploi d'une station centrale d'un demi à un tiers au moins;

c) Pour les petits mills l'économie produite par une station centrale électrique est beaucoup moins importante; cependant les observations précédentes trouvent là aussi leur application.

En résumé, M. Ilgner est d'avis que le moteur à gaz attaquant

directement les laminoirs doit être rejeté, et qu'aucune usine disposant de hauts fourneaux ne doit hésiter à installer une station centrale électrique avec moteurs à gaz.

A la suite des précédentes communications, M. A. Gouvy estime qu'il est utile d'insister encore tout spécialement sur l'importance que présente aujourd'hui pour les usines disposant de hauts fourneaux, *l'application des moteurs à gaz combinée au transport de force électrique* dans ces usines.

Les économies, énormes en réalité, que peut produire l'utilisation des gaz des gueulards sont essentiellement variables suivant la disposition et les installations des usines, suivant les prix des matières premières en tant que coke et houille, enfin suivant les éléments de force motrice qui composent chaque établissement; cependant, M. Gouvy communique au Congrès quelques chiffres approximatifs établis dans des conditions déterminées et après essais pratiques, pour une usine capable de produire 150 000 t de produits finis par an et comportant des fours à coke, des hauts fourneaux, une aciérie, des laminoirs et des ateliers d'une certaine importance. Dans ces conditions, les dépenses prévues pour la modification successive des installations existantes en vue de l'utilisation maxima des gaz des hauts fourneaux, largement calculées, se répartissent approximativement comme suit :

1° Modifications aux hauts fourneaux proprement dits.	100 000 f
2° Installation de l'épuration des gaz, tuyauteries, etc..	300 000
3° Souffleries au gaz pour les hauts fourneaux et pour l'aciérie	1 200 000
4° Station centrale électrique avec moteurs à gaz, dynamos, bâtiment, etc., etc.	1 000 000
5° Remplacement de tous les petits moteurs à vapeur de l'usine par des moteurs électriques; — idem pour les laminoirs non réversibles . .	800 000
6° Aménagement des chaudières pour trains réversibles, divers et imprévus.	100 000
Dépense totale prévue.	3 500 000 f

D'autre part, une étude détaillée de l'exploitation et des prix

de revient de cette même usine, ainsi que des essais faits sur les gaz, les chaudières et les moteurs à vapeur et électriques existants, permettent d'évaluer approximativement les économies annuelles à réaliser en raison de ces modifications, savoir :

1° Économie de coke par augmentation de température du vent en raison de l'épuration des gaz.	150 000
2° Suppression des chaudières à vapeur des hauts fourneaux et de l'aciérie (main-d'œuvre, entretien et houille)	100 000
3° Économie de houille aux chaudières des laminoirs	580 000
4° Économie sur l'entretien des petits moteurs à vapeur à remplacer par des moteurs électriques	140 000
	970 000 f
A déduire : pour augmentation des dépenses par l'épuration des gaz et l'emploi de moteurs à gaz, etc., au maximum	70 000
Économie annuelle nette à prévoir	900 000 f

La dépense totale de 3 500 000 f serait donc amortie en quatre ou cinq années par les économies produites, et le prix de revient global des produits finis à raison de 150 000 t par an, serait réduit ensuite, toutes choses égales d'ailleurs, de *6,30 f* par tonne, chiffre que nous croyons devoir considérer comme un minimum absolu, variable suivant les usines, mais que l'on dépassera très facilement.

Soudure et coupage des métaux.

Nous mentionnerons encore, quoique ne rentrant pas dans les questions métallurgiques proprement dites, les communications présentées au Congrès, d'une part, par M. Félix Joitrand, de Bruxelles, sur le *Coupage des métaux par l'oxygène*, le procédé ayant fait, en même temps, l'objet d'expériences pratiques au pavillon de « l'oxhydrique », à l'Exposition, ainsi que sur les *nouveaux procédés de soudure*, notamment sur le procédé au gaz oxhydrique, et, d'autre part, par M. Ed. Fouché, de Paris, sur la *Soudure autogène des métaux par l'acétylène.*

Les deux conférenciers se sont attachés chacun à faire res-

sortir les avantages des procédés qu'ils représentaient et dont les principes sont connus comme ayant déjà trouvé tous deux de nombreuses applications dans la pratique des ateliers.

Four Cermak-Spirek pour la calcination des minerais.

M. V. Spirek, Ingénieur, a présenté, enfin, un modèle démontable d'un four de grillage s'appliquant tout spécialement aux minerais de mercure et de plomb, ainsi qu'un appareil de chargement étanche, réduisant les pertes en gaz mercuriels nuisibles à la santé des ouvriers occupés au grillage ; un certain nombre de ces fours se trouvent en marche dans les principales usines traitant ces sortes de minerais.

Nous aurons résumé ainsi d'une façon aussi succincte que possible et en en faisant ressortir les points les plus saillants, les diverses communications et discussions de la section de métallurgie du Congrès de Liège, et devons renvoyer, pour plus de détails, à la publication *in extenso* que doit faire paraître prochainement le Comité du Congrès et qui promet d'être des plus instructives et des plus intéressantes.

II

NOTE SUR LES USINES BELGES VISITÉES

Les membres de la section de métallurgie du Congrès de Liége ont été admis à visiter certaines usines métallurgiques belges, et y ont été l'objet de réceptions des plus cordiales; ils ont pu se rendre compte de ce fait que l'industrie du fer et de l'acier en Belgique, s'engageait à son tour résolument dans la voie du progrès en adoptant les améliorations les plus récentes destinées surtout à réduire les prix de revient au minimum compatible avec la situation géographique des usines, et ce afin de pouvoir lutter plus avantageusement sur le marché à l'exportation avec les autres pays industriels, tels que l'Allemagne, l'Amérique et l'Angleterre.

Les établissements visités ont été les suivants :

1° Usine à zinc de la Société de la Vieille-Montagne, à Chênée, près de Liége;

2° Les établissements Cockerill, à Seraing;

3° Les usines de la Société d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée ;

4° La nouvelle installation de la Société de Sambre-et-Moselle, à Montignies-sur-Sambre, près de Charleroi;

5° Les aciéries de Charleroi;

6° Les laminoirs de l'Espérance-Longdoz, à Liége.

Nous passerons en revue ces divers établissements en faisant ressortir les installations les plus intéressantes que nous avons pu examiner.

Usine a zinc de la Société de la Vieille-Montagne, a Chênée.

L'usine de Chênée ne présente, en réalité, aucune installation nouvelle, mais est intéressante en ce sens qu'elle est l'une des plus anciennes usines de cette Société, qui possède en tout trente-deux établissements répartis sur tous les points du globe et occupe près de douze mille hommes; nous mentionnerons donc seulement en passant les fours à zinc avec leurs cornues d'ancienne disposition, les laminoirs, l'atelier de fabrication des

cornues avec ses étuves chauffées à la vapeur, et l'outillage nécessaire au cisaillage des tôles, à la fabrication des tuiles en zinc, etc.

ÉTABLISSEMENTS COCKERILL, A SERAING.

Ces usines possèdent actuellement six hauts fourneaux, dont deux de construction moderne avec monte-charges électriques inclinés (skips); ces fourneaux ont les dimensions suivantes : hauteur totale, 24 m; diamètres au ventre 6 200 mm; au gueulard 4 400 mm; au creuset 3 800 mm, leur production étant ainsi d'environ 200 t par fourneau et par vingt-quatre heures. Une partie du vent est fournie encore par des machines soufflantes à vapeur verticales, du type Cockerill connu universellement, mais on a installé aussi plusieurs souffleries avec moteurs à gaz, parmi lesquelles nous remarquons une soufflante à quatre temps double-effet, de 1 250 ch, toutes ces machines sortant bien entendu, des ateliers de la Société.

Il serait superflu d'insister ici sur l'influence qu'ont exercée les établissements Cockerill sur l'application et sur le développement de l'emploi des moteurs à gaz et sur l'utilisation du gaz de hauts fourneaux; les essais de M. Delamare-Deboutteville et la première grande installation de souffleries de 600 ch à Differdange, sont des faits universellement connus.

Après avoir construit les moteurs à quatre temps à simple effet, les ateliers Cockerill ont entrepris résolument, en même temps que les grands constructeurs allemands, l'exécution des moteurs à quatre temps et double effet dont l'emploi s'est répandu très rapidement; en même temps on ne négligeait pas la question de l'épuration des gaz et poursuivait à l'usine même des essais avec ventilateurs Schiele à injection d'eau et avec des appareils Theisen perfectionnés.

L'aciérie de Seraing ne comportait jusqu'à présent que cinq convertisseurs Bessemer acides de 10 t et produisait environ 800 t de lingots par 24 heures; quoique généralement l'emploi de mélangeurs de fonte ne fût pas appliqué au travail en convertisseurs acides, on a installé à Seraing un mélangeur de 100 t dont le but principal est d'obtenir une qualité de fonte aussi uniforme que possible et, par suite, une allure plus régulière des charges; il est intéressant d'observer ici que l'aciérie est actuellement en reconstruction, et que l'on se propose de

remplacer l'acier Bessemer par de l'acier Thomas, modification qui a évidemment ses raisons économiques dûment justifiées.

Les fabrications spéciales des établissements Cockerill exigeant des aciers autres que ceux que l'on peut obtenir pratiquement dans des cornues, et aussi parce qu'il est nécessaire de pouvoir réemployer les déchets divers et riblons des ateliers, on dispose encore d'une série de fours à sole, produisant les aciers pour tôles, bandages et essieux, grosses pièces de forge, canons, etc.; il y a trois fours Martin de 15 t, placés près des convertisseurs et deux autres fours de 20 t disposés en face l'un de l'autre, dans une autre halle, avec fosse de coulée commune perpendiculaire aux fours, disposition que l'on ne rencontre aujourd'hui que rarement.

Pour le laminage des gros lingots, on a installé un train réversible avec machine de 1 800 ch, desservi par dix fosses de réchauffage (pits). Le laminoir à rails proprement dit existe depuis 1872, et est actionné directement par une machine réversible; nous citerons encore le train à grosses tôles réversible, muni d'une machine de 1 000 ch et pouvant traiter des lingots de 5 000 kg, un gros train universel pour larges-plats et plusieurs autres trains pour poutrelles, cornières et autres profilés.

Les sections de l'usine réservées à la forge sont des plus importantes; elles sont munies de puissants appareils tels que : une presse à forger de 2 000 t et plusieurs marteaux-pilons jusqu'à 30 t pour une levée de 3 m; la grande halle de 20 m de portée, a une longueur de 100 m et une hauteur de 15 m; elle contient seize fours à réchauffer et quatre ponts roulants électriques de 20, 40 et même de 70 t.

La nouvelle chaudronnerie installée dans un bâtiment de 13 et 15 m de portée et de 80 m de longueur, est desservie par trente-trois ponts roulants de 2 à 45 t, réduisant à un minimum les frais de manipulation des pièces en montage; nous mentionnerons enfin, sans plus de détails, les divers ateliers d'ajustage avec leurs machines-outils perfectionnées et où le fraisage joue un rôle de plus en plus important, ainsi que les ateliers de montage d'où sortent les petites et les grandes locomotives, les machines à vapeur les plus diverses, les chaudières, les constructions métalliques et enfin les grands moteurs à gaz de plus de 2 000 ch.

Le nombre total d'ouvriers de la Société Cockerill s'élève à environ 9 400 dont 2 000 occupés aux usines; la production com-

porte notamment 220 000 t de fonte, 160 000 t de produits laminés finis et 12 à 15 000 t de moulages, machines, pièces de forge, pièces de chaudronnerie, etc.

Usine d'Ougrée, de la Société Ougrée-Marihaye.

Les établissements d'Ougrée, situés à proximité de ceux de la Société Cockerill, sont pour ainsi dire caractérisés par la grande grue tournante américaine, placée sur les bords de la Meuse et servant à la manutention des minerais divers consommés dans les hauts fourneaux. La portée de cette grue est de 52 m, c'est-à-dire que le diamètre du terrain qu'elle commande est de 104 m; elle est actionnée par un moteur à vapeur de 40 ch, la benne contient de 2000 à 3000 kg de minerai et on peut transborder environ 80 t de minerai par heure pris sur les stocks disposés en demi-cercle et déversés dans des réservoirs en demi-cercle du côté opposé aux stocks. Le minerai tombe de ces réservoirs dans des wagonnets formant un train complet représentant le lit de fusion; ces wagonnets déchargés, dans un réservoir tronconique permettent ainsi une superposition par couches horizontales des différentes sortes de minerai, et le contenu de ce réservoir, tombant dans une grande benne de chargement, est amené directement au gueulard en mélange aussi intime que possible.

Sur cinq hauts fourneaux, il y en a encore trois à faible production, munis d'appareils Whitwell; le haut fourneau n° IV est, par contre, à grande production et comporte quatre appareils Cowper de 30 m de hauteur; il est placé en dehors de la ligne droite formée par les fourneaux I, II, III et V et desservi par un plan incliné automatique spécial; le fourneau n° V est de grandeur moyenne et vient d'être mis en marche. Les fourneaux placés en ligne se trouvent en dessous d'un fort pont en treillis, sur lequel se déplace un pont roulant portant les bennes de chargement pour coke et minerai; ce pont roulant est actionné par quatre moteurs électriques de 35 ch chacun pour la levée et d'un moteur de 35 ch pour la translation, les vitesses étant de 0,50 m par seconde pour l'ascension des bennes et de 1,50 m pour la translation.

Suivant en cela l'exemple des grandes usines allemandes, la Société d'Ougrée-Marihaye a prévu dès maintenant l'utilisation complète des gaz de ses hauts fourneaux; une partie de ce pro-

gramme est déjà réalisée d'une façon très pratique, en ce sens que l'on disposait, lors de notre visite, d'une série complète d'appareils épurateurs des gaz comprenant : *a)* un appareil Bian refroidissant les gaz et les épurant partiellement à la sortie des tambours épurateurs à sec; *b)* un ventilateur à injection d'eau pour épuration au premier degré des gaz destinés aux appareils Cowper ou aux chaudières; *c)* deux appareils Theisen construits par les ateliers Cockerill et qui épurent au second degré les gaz provenant du ventilateur et destinés à alimenter les moteurs à gaz.

Le soufflage des fourneaux est obtenu par deux machines soufflantes à vapeur compound verticales, type Cockerill, d'une part, et par deux soufflantes à gaz à quatre temps, simple effet, de 600 ch, type Delamarre-Deboutteville, d'autre part. De plus, nous trouvons dans la station centrale électrique les moteurs à gaz suivants :

1 moteur Cockerill, 4 temps, simple effet, de 600 ch;
1 — 4 — double effet tandem, de 1 200 ch.

Ces deux machines étaient en marche, tandis que l'on procédait au montage de :

1 moteur Cockerill, 4 temps, double effet tandem de 1 350 ch;
1 moteur Ehrhardt et Sehmer, de même disposition, de 1 400 ch.

Notons encore que la station centrale électrique est complétée par une machine à vapeur Bollinkx, de 600 ch et une turbine à vapeur Brown-Boveri, de 750 ch, cette dernière marchant à raison de 1 500 tours.

Le type de courant adopté pour toute l'usine est le courant continu à 550 volts, ce qui, étant donné les distances relativement faibles entre les diverses sections de l'usine, nous semble la solution la meilleure.

Nous ne pouvons passer sous silence, à ce propos, une installation toute récente faite en vue de pousser à un maximum presque théorique l'utilisation des gaz de hauts fourneaux, et ce, en en récupérant des calories même après leur emploi dans les moteurs à gaz; les gaz d'échappement se réunissant, en effet, dans un canal commun à une température d'environ 550 degrés en moyenne, desservent encore un surchauffeur de vapeur, du système Schwœrer, avant de s'échapper dans l'atmosphère; ces gaz, provenant de quatre moteurs à gaz d'une force totale de 3 000 ch, chauffent, en effet, $9 \times 4 = 36$ éléments Schwœrer de

2 m de longueur, dans lesquels passent, par heure, environ 8 000 kg de vapeur ; la vapeur à 7,5 kg de pression est portée à 275 degrés environ et actionne ainsi la turbine et la machine à vapeur ci-dessus d'une force totale de (750 + 600) = 1 350 ch.

Il y a lieu, pensons-nous, d'appeler tout spécialement l'attention des industriels sur ce nouveau perfectionnement tout à la fois utile et d'application facile.

Nous ne citerons que pour mémoire les fours à coke de l'usine d'Ougrée comprenant encore dix massifs de fours Appolt à seize cornues verticales chacun et trois massifs de quarante fours, soit cent vingt fours du système Bernard: les autres fours à coke de cette Société se trouvent près des charbonnages et n'ont pas été visités.

L'aciérie d'Ougrée fonctionne, d'après le procédé Thomas, en fonte phosphoreuse, amenée directement par locomotive des hauts fourneaux; elle comprend notamment :

a) Un mélangeur de 100 t de capacité et trois cubilots pour fontes en seconde fusion;

b) Quatre convertisseurs basiques de 12 t, soufflés par une machine à vapeur de 1 500 ch environ;

c) Deux fours Martin à sole basique de 15 t pour aciers spéciaux et permettant l'emploi rationnel des riblons et déchets.

Ces fours livrent les lingots pour bandages, essieux et tôles de qualité ainsi que des moulages pour les besoins de l'usine.

Les lingots Thomas transportés, directement après coulée, au laminoir placé derrière l'aciérie, sont réchauffés dans des pits et traités au blooming réversible actionné par une machine pouvant développer jusqu'à 10 000 ch. Les cylindres de ce train, comprenant trois cages, ont un diamètre de 850 mm et nous avons observé ce fait particulier que, lors du laminage à la première cage blooming et pour le laminage des rails, la machine travaille comme une réversible, tandis que pour le laminage de poutrelles, les deux dernières cages étant alors montées en trio, la machine tourne comme un moteur à volant.

Parmi les autres trains de laminoirs de moindre puissance, il y a lieu de mentionner encore :

a) Un train de 650 mm, 1 200 ch, pour largets, traverses et profilés divers;

b) Un train à tôles de 2 500 mm de table et une cage universelle jusqu'à 900 mm avec machine de 1 000 ch;

c) Deux trains marchands de 450 et de 500 mm ;

d) Enfin deux petits-mills avec dégrossisseur de 500 mm et finisseurs de 250 et 300 mm pour lesquels on prévoit des moteurs électriques, l'un de ces moteurs étant déjà en marche (voir la communication de M. Creplet au Congrès).

Nous citerons encore l'atelier des essieux et bandages avec deux pilons de 15 t et un pilon de 12 t, le laminoir à bandages ne présentant rien de particulier. Notre attention a été retenue aussi par la disposition de déchargement des scories Thomas liquides et l'atelier de broyage de ces scories dont les appareils sont actionnés par six moteurs électriques de 30 ch et quatre moteurs de 75 ch. Notons enfin que la section des hauts fourneaux d'Ougrée occupe environ 1 230 ouvriers et celle de l'aciérie et des laminoirs 2 140 ouvriers, soit un total de 3 370 hommes, la production correspondante étant de 136 000 t de fonte Thomas consommant 154 000 t de coke, tandis que l'aciérie fournissait 266 000 t d'acier Bessemer, Thomas et Martin.

Usine de Montignies-sur-Sambre (Société de Sambre-et-Moselle).

La partie ancienne de cette usine, avec ses fours à puddler et ses laminoirs surannés, est vouée à la démolition qui a été commencée, tandis qu'à côté d'elle s'élevait déjà, lors de notre visite à Charleroi, une nouvelle aciérie Thomas avec blooming, le tout à peine terminé et ne fonctionnant que partiellement.

L'usine de Montignies est basée sur un principe analogue, par exemple, à celui de Valenciennes (Société du Nord et de l'Est) et de Rothe Erde, près Aix-la-Chapelle, en ce sens que, pour le moment du moins, on traite la fonte en seconde fusion au cubilot, les frais de transport et de fusion de cette fonte étant largement couverts par le bas prix des minerais situés près des hauts fourneaux de Maizières (Lorraine) et par la proximité de la houille pour le service de l'aciérie et des laminoirs.

La nouvelle aciérie comporte trois convertisseurs basiques de 15 t pouvant produire 20 000 à 25 000 t d'acier par mois; la fonte est refondue dans trois cubilots et amenée à la cornue par un pont roulant de 40 t; la poche à acier, suspendue à un second pont de 40 t, est transportée par celui-ci à l'extrémité de l'atelier où la coulée se fait en lingotières placées sur des wagonnets de construction spéciale qu'une petite locomotive amène directement au laminoir dont les bâtiments sont parallèles à celui de l'aciérie Thomas. Après démoulage automatique par strippers et

passage dans des fosses Gjers, le lingot est amené au blooming actionné par une machine réversible à deux cylindres construite par la Société Cockerill. Un gros train réversible pour poutrelles, jusqu'à 500 mm, composé de quatre cages et avec machine réversible à trois cylindres, de Ehrhardt et Sehmer, se trouvait en marche pour essai.

Tous les appareils accessoires de ces laminoirs sont, bien entendu, actionnés électriquement; le courant, provenant d'une station centrale avec machines à vapeur, est triphasé à 500 volts; le choix de ce type de courant nous semble dû à ce que l'on prévoit l'installation de hauts fourneaux qui seraient situés à une certaine distance de l'aciérie et des laminoirs, mais qui fourniront cependant la fonte Thomas liquide à l'aciérie.

Aciéries de Charleroi.

Ces usines ne fabriquent que le moulage d'acier et leur installation nous a semblé fort bien comprise au point de vue du mouvement des matières et de la réduction à un minimum de la main-d'œuvre, tant par l'emploi général de ponts roulants électriques que par celui de machines à mouler pour les pièces normales à livrer en grande quantité.

La fonte siliceuse spéciale, fondue dans deux cubilots placés à un niveau supérieur, est amenée aux convertisseurs au moyen d'une poche placée sur un chariot très élevé et munie d'un chenal de coulée. Les convertisseurs sont du type Cambier et contiennent de 1 500 à 2 000 kg par charge ; on sait que ce mode de fabrication des moulages d'acier, notamment pour les petites pièces, a l'avantage de donner un métal plus chaud que celui obtenu dans les fours à sole en usage; par contre, la qualité spéciale nécessaire pour la fonte et le déchet au soufflage compensent ces avantages, sans compter qu'il est désirable, en vue d'une exploitation économique, d'avoir toujours des commandes suffisantes pour assurer une marche régulière de l'installation.

Laminoirs de l'Espérance-Longdoz, a Liége.

Dans cet établissement, visité en dernier lieu par les membres du Congrès, ce sont moins les installations existantes actuellement que les projets de reconstruction qui vont être réalisés qui présentaient de l'intérêt. L'usine de l'Espérance-Longdoz fabrique

principalement des tôles moyennes et minces, des larges plats et des profilés ; ces derniers sont fabriqués sur un train de 300 mm à six cages desservi par des fours à gaz ; or les projets de modification comportent la suppression de toutes les machines à vapeur des laminoirs et leur remplacement par des machines électriques ; le courant triphasé de 500 volts sera produit par des turbines à vapeur et l'on prévoit, malgré la transformation successive de l'énergie, entre la houille des chaudières et les électromoteurs des laminoirs, une économie sérieuse, due notamment à la concentration du service mécanique (chaudières, machines à vapeur, condensation, graissage) et à une réduction de la force totale nominale des moteurs ainsi qu'à une consommation moindre de combustible, et ce, par suite de la répartition de la force sur les divers moteurs à charge variable de l'usine. Notons encore que l'usine de Longdoz occupe environ 800 ouvriers et peut fabriquer près de 4 000 t de produits finis par mois.

LE PONT DE COMMERCE

A LIÉGE

A ARCS CONJUGUÉS[1]

PAR

M. Th. SEYRIG

Il existait à Liége un pont sur la Meuse, désigné par le nom de pont de Commerce, et construit vers l'année 1865. Ce pont avait pour auteur M. Cadiat, qui introduisit dans la pratique les ponts en arcs partiellement encastrés à leurs extrémités, du système de M. Oudry. L'expérience du pont d'Arcole était acquise à ce moment, et l'on chercha dans la nouvelle construction à éviter les désagréments constatés à Paris. On établit dans ce but une liaison plus parfaite entre les treillis, les arcs et les longerons, en rivant leurs éléments sur des goussets en tôle, bien solidarisés avec les membrures.

Ce pont, à tablier en bois, n'était pas destiné à livrer passage à de lourdes charges. Situé aux confins de la ville d'alors, il était considéré plutôt comme une passerelle. Des voitures pesantes n'auraient pas pu y circuler, et sa largeur de 6 m entre garde-corps était des plus restreintes. Il avait été construit par une société qui prélevait un péage de tout passant.

A l'approche de l'Exposition ouverte cette année à Liége, ce pont se trouvant au point même où a lieu l'accès principal aux terrains de l'Exposition, des craintes se firent jour sur l'insuffisance possible de l'ouvrage, destiné certainement à voir le passage de foules considérables. Ces craintes se multiplièrent quand il fut révélé qu'un grand nombre des éléments métalliques des arcs étaient dans un état d'entretien pitoyable. Certains d'entre eux étaient déformés. D'autres avaient subi les effets de la rouille d'une façon effrayante; on a constaté que des tôles faisant partie des semelles des arcs avaient été courbées par la formation de

(1) Voir planches 118 et 119.

la rouille entre elles, jusqu'à un centimètre d'épaisseur. Elles étaient cintrées en travers à force de subir l'écartement dû à cette formation ! Il devenait dès lors évident qu'il y aurait un danger réel à laisser circuler sur un ouvrage aussi fatigué des foules comme celles qui passeraient par là, évacuant, à la fermeture, les localités de la fête par la voie la plus directe. On décida, vers la fin de 1903, d'étudier la possibilité de substituer au vieil ouvrage un pont présentant toutes les garanties voulues de solidité. On s'adressa, pour cela, à la Société John Cockerill, de Seraing, qui voulut bien me confier le projet d'ensemble et l'étude détaillée de la partie métallique de la reconstruction.

Le pont se composait de deux arches de 65 m environ d'ouverture libre. L'une traversait le bras navigable de la rivière, l'autre franchissait un bras secondaire, par lequel s'écoulent les eaux provenant du déversoir existant en cet endroit. Ce déversoir est longitudinal sur une grande étendue, et se termine à l'amont et à l'aval par des barrages à aiguilles. Entre les deux arches se trouve une pile faisant corps avec le mur de retenue des eaux. Elle est large, mais fondée assez peu profondément, dans une couche de gravier très favorable. Ses dimensions en plan, 20,66 m $\times$ 4,20 m, étaient largement suffisantes pour la vieille passerelle de 6 m de largeur, dont le poids et les surcharges admises étaient peu importantes.

Reconnu de dimensions insuffisantes depuis longtemps, ce pont, si on le remplaçait, devait être notablement agrandi en largeur. On prévoyait le passage de grandes foules, et il devait, si on le reconstruisait, livrer aussi passage à des voies de tramway, aujourd'hui indispensables partout où une circulation active est à prévoir. On se trouvait donc dans la nécessité de porter à 13 ou 14 m la largeur de l'ouvrage.

La pile existante semblait tout à fait insuffisante dans ce but. Elle avait bien la longueur voulue, mais le nouveau pont, quel qu'il fût, devait être extrêmement surbaissé, les berges de la Meuse étant peu élevées, et la nécessité de respecter la jolie perspective de l'endroit étant évidente. Dans ces conditions, un pont en arc étant pour ainsi dire exigé, les surcharges réglementaires auraient mis en péril l'existence même de la pile. Les pressions, devenant très élevées par suite de l'agrandissement et de la charge d'un lourd pavage, atteignaient des chiffres inadmissibles ; les courbes de pression arrivaient à sortir de la base de la fondation.

Cependant le temps disponible pour la reconstruction était manifestement trop court s'il avait fallu remplacer la pile existante par une autre susceptible de résister aux poussées d'un pont en arc.

Il fallait donc de toute nécessité songer à autre chose qu'à un pont avec arcs ordinaires. Le problème posé par les conditions que nous venons d'indiquer trouva sa solution dans l'emploi d'un type spécial, qui, à première vue, ne s'écarte guère des ponts en arcs existants, mais qui est, en réalité, très différent par ses conditions de stabilité.

L'étude conduisit, en effet, à constituer l'ouvrage par deux séries d'arcs conjugués, butant contre les culées à la manière des arcs ordinaires, mais reposant sur la pile centrale au moyen d'un dispositif tel, que celle-ci ne puisse jamais subir que des efforts verticaux. A cet effet, les deux appuis sur pile sont, pour chaque paire d'arcs, réunis en un seul, et celui-ci repose sur un appareil à rouleaux, du genre de ceux qui sont employés dans les ponts à poutres continues. On voit de suite que, dans ces conditions, toute charge, appliquée à l'un ou à l'autre des arcs. produit une poussée qui se transmet intégralement aux culées extrêmes, passant en quelque sorte par-dessus la pile, donnant dans l'arc non chargé une compression suivant la ligne des appuis, et, dans le courant de cet arc, des moments tendant à fermer l'arc, à en raccourcir la corde.

C'est cette disposition qui, après mûr examen, donna le résultat le plus satisfaisant aux divers points de vue envisagés.

On pouvait craindre que, vu les proportions générales imposées à l'ouvrage, l'emploi d'un appui mobile sur la pile, joint au peu de hauteur des arches, ne donnât une mobilité et une flexibilité très grande à l'ensemble. On verra les dispositions adoptées pour réduire cette flexibilité dans la mesure du possible. Les résultats des essais faits sur l'ouvrage terminé feront reconnaître qu'une rigidité très suffisante pour écarter toute impression désagréable aux passants a été largement assurée.

Description de l'ouvrage (1).

La distance entre murs de culée extrêmes est de 136,855 m. La largeur de la pile étant de 4,42 m, il reste pour chacune des ouvertures, sensiblement égales, 66,20 m.

Cette distance est franchie par des arcs ayant 67,845 m de portée, d'axe en axe des rotules d'appui.

Ces rotules ne sont pas au même niveau, les berges étant d'inégale hauteur. La navigation exigeait qu'il restât dans la passe navigable, du côté de la rive gauche, sur une largeur de 12 m, une hauteur disponible de 8 m au-dessus de l'étiage.

On demandait, d'autre part, que la chaussée, à hauteur de la culée gauche, n'eût pas de rampe supérieure à 30 mm.

Sur la rive droite, il y avait intérêt à descendre la chaussée aussi bas que possible, à cause des rues et constructions déjà existantes en cet endroit.

Enfin la chaussée ne devait pas dépasser, au milieu du pont, la cote 69,47 déjà supérieure à celle de l'ancien pont, d'environ 1,70 m.

Ces conditions étaient presque contradictoires. Pour y satisfaire, on trouva la solution dans une sorte de rotation de l'ouvrage autour de l'appui du milieu. La rotule gauche fut relevée de 0,20 m. Celle de droite fut abaissée d'autant, ces faibles différences ne pouvant être sensibles à l'œil pour l'ensemble de l'ouvrage. La cote des chaussées, sur la culée gauche, est ainsi de 67,522 m et sur la culée droite de 67,127 m.

Il en résultait bien une complication dans la construction de la partie métallique, aussi bien que dans les calculs de résistance, mais elle ne pouvait être évitée, sous peine de donner à la chaussée un profil incompatible avec les exigences de la circulation.

Les arcs ont donc leurs intrados, à la clef, à 3,705 m au-dessus de la ligne des rotules pour celui de gauche, et à 3,942 m pour celui de droite.

La proportion entre flèche d'intrados et portée, proportion qui sert à définir l'aplatissement d'un arc, est, par conséquent, d'environ 1/18 pour les deux arcs.

La ligne du profil de la chaussée est, depuis la culée gauche,

(1) Voir planches 118 et 119.

sur une longueur de 33 m, une droite de 32,5 mm de pente. De même, à partir de la culée droite, une pente de 32,6 m règne sur 45 mm. Les deux lignes sont raccordées au milieu du pont par une courbe à la main, horizontale au milieu du pont. Une parabole générale, régnant d'une culée à l'autre, eût été préférable : les rampes imposées et la faible épaisseur d'arc qui restait disponible pour donner satisfaction à la navigation n'en ont pas permis l'établissement.

La largeur du pont est de 14,50 m entre axes des garde-corps. La chaussée a 8,50 m de largeur; les trottoirs ont chacun 3 m.

Deux voies de tramway passent sur le pont, un peu plus près du côté aval que du côté amont.

La partie métallique se compose, dans chaque arche, de huit fermes en acier. Celles situées sous la chaussée sont à 1,50 m d'écartement d'axe en axe. La distance entre les arcs de rive et les arcs voisins est de 2,30 m.

Tous les arcs sont à âmes doubles, chaque membrure étant en forme d'auge. Les membrures sont reliées par des montants verticaux et des diagonales dont la direction est descendante vers le milieu de l'arche. Les parties centrales des arcs sous chaussée sont à âmes pleines, en substitution des treillis qui seraient devenus trop plats.

Les montants sont, dans toute l'étendue du pont, espacés de 3 en 3 m, l'intervalle entre les montants voisins sur la pile étant également de 3 m, pour assurer la régularité de l'ensemble.

Parlons d'abord des arcs sous chaussée.

Leurs âmes ont 12 mm d'épaisseur, avec un écartement de 0,480 m partout. Elles ont des hauteurs variables, diminuant graduellement des appuis vers le milieu de chaque arche, partant de 850 et de 900 mm de hauteur pour descendre jusqu'à 600 mm. Cette largeur minima a été reconnue utile pour la bonne attache des montants et des barres de treillis.

Les âmes sont bordées au bord intérieur par deux cornières de 70 × 70 × 8. La réunion aux semelles est faite par des cornières de 120 × 120 × 13. Elles sont au nombre de deux, et se relient à des semelles de 850 mm de largeur.

L'épaisseur de ces dernières varie suivant les exigences du calcul.

Dans la partie voisine de la clef, sur une longueur de 15 mètres, les âmes des deux membrures se rejoignent pour former

un caisson complet, dont la hauteur varie de 1,40 m à 1,82 m entre semelles. Afin d'assurer un bon assainissement de ces caissons par leur aération, les parois en sont percées de trous d'homme, qui ont d'abord facilité la rivure, puis assureront la visite et l'entretien.

Il y a lieu de signaler ici une particularité des arcs sous chaussée qui semble avoir eu les plus heureux effets. Les semelles des arcs ont en général, ainsi que nous l'avons dit, 850 mm de largeur, laissant entre deux arcs voisins une ouverture de 650 mm. Les exigences de la résistance conduisant, à l'extrados, à des épaisseurs de métal considérables, et entraînant des difficultés de rivure, il a paru préférable de réunir en une seule continuité les semelles, les étendant sous toute la largeur de la chaussée. Elles forment ainsi un blindage général, dont l'effet est de provoquer une solidarité très grande et très complète entre les différents arcs. Ce blindage atteint par endroits 42 mm d'épaisseur, ce qui, avec les cornières et les couvre-joints, conduit à des épaisseurs à river de 67 mm. Cette épaisseur est déjà assez considérable pour qu'on ait évité, dans ces parties les plus fortes, de faire aucune coupure de cornière, dont les couvre-joints auraient encore augmenté les épaisseurs à river.

Les arcs de rive sont, dans leur ensemble, analogues aux arcs sous chaussée. Mais leur hauteur à la clef étant plus grande — 1,89 m et 1,91 m au minimum — il n'y a pas eu lieu de recourir à l'emploi des âmes pleines.

La largeur, entre âmes, a été portée à 580 mm pour élargir un peu les semelles d'extrados, et les porter à 950 mm. Malgré cela et malgré le doublement des cornières de $120 \times 120 \times 13$, il a fallu néanmoins atteindre en un très petit nombre de points des épaisseurs de tôle de 70 mm, ce qui, avec les couvre-joints intérieurs et extérieurs, a donné des épaisseurs de 98 mm et même 103 mm à river. A l'intrados, les semelles ont 820 de largeur.

Les treillis, montants et diagonales, sont partout constitués en forme de double T. Les montants ont partout une âme, quatre cornières et deux semelles. Les diagonales comprennent une âme et quatre cornières.

Toutes les barres composant les arcs sont ainsi formées d'éléments pleins et larges, sans petits treillis, ce qui contribue à donner à l'aspect général une grande unité et simplicité.

Aux retombées, les intrados des arcs sont assemblés avec des pièces en acier coulé, se terminant par des rotules. Ces pièces reposent aux culées dans des coussinets, dont la hauteur est réglable, à l'aide de clavettes, et qui sont à leur tour emboîtées dans les sabots transmettant la poussée aux maçonneries. Ces sabots sont en acier. Ils sont élargis dans les deux sens en largeur et en hauteur pour réduire la pression unitaire sur les sommiers en pierre. Ils y reposent par l'intermédiaire de feuilles de plomb de 8 mm d'épaisseur *(fig. 1)*.

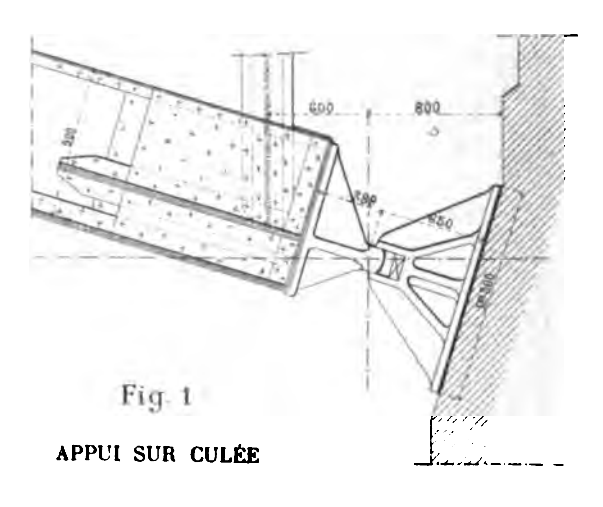
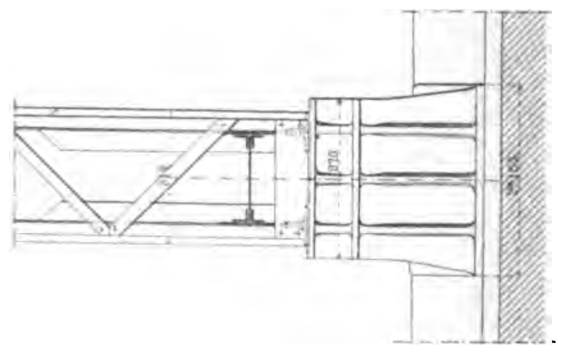


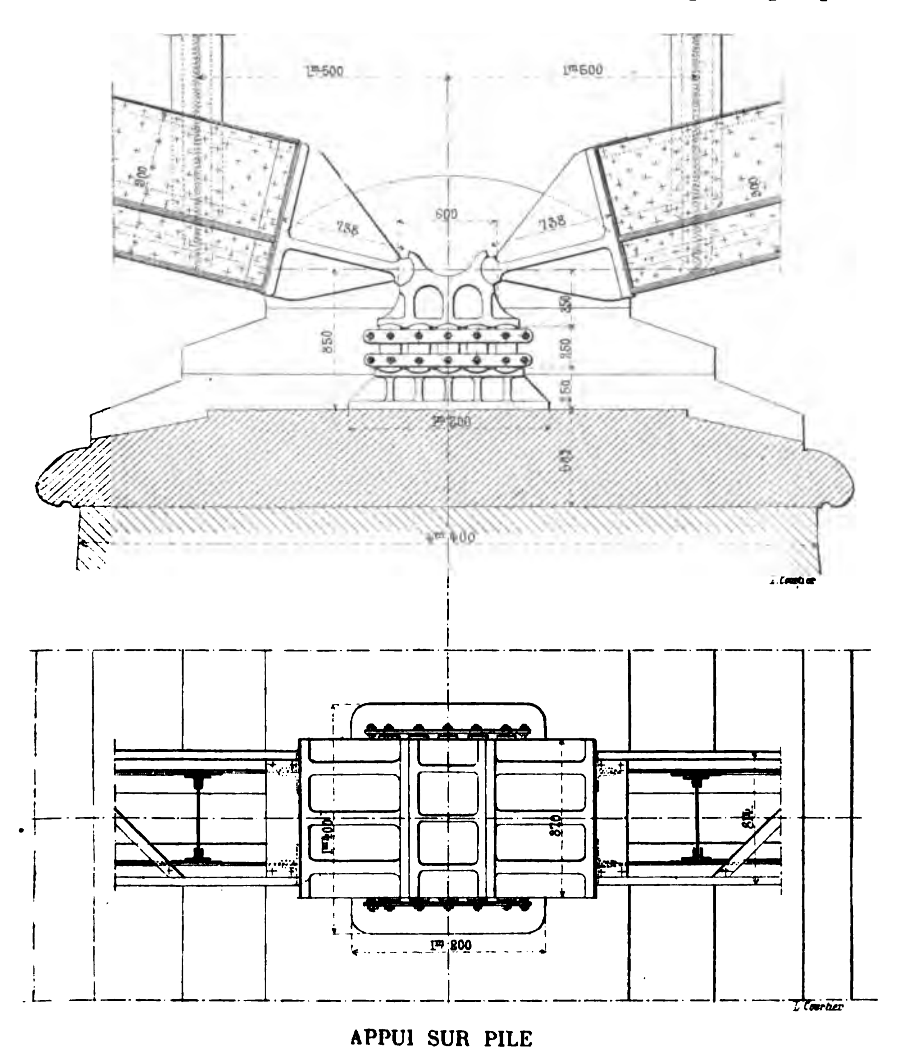
Fig. 1

APPUI SUR CULÉE



Sur la pile, les rotules se rejoignent sur une pièce spéciale en acier à deux alvéoles. Le dessous de cette pièce est dressé ; elle repose sur une série de six rouleaux segmentaires, de 350 mm de diamètre. Ces rouleaux portent à leur tour sur une plaque de base qui transmet la pression à la maçonnerie, encore avec interposition d'une plaque de plomb *(fig. 2)*.

Les arcs ont été reliés entre eux dans les plans de tous les montants par des contreventements verticaux extrêmement robustes, afin d'assurer une solidarité aussi complète que pos-



APPUI SUR PILE

Fig. 2

sible des arcs entre eux. Ces contreventements sont partout constitués par des fers de 125 × 60 × 8 reliés aux montants par des goussets et cornières d'assemblage. Des arcs sous chaussée aux arcs de rive, la disposition des croisillonnements diffère, mais le principe reste le même.

Comme on l'a vu plus haut, les arcs sont réunis dans le plan de l'extrados par une surface continue de tôles. Ce blindage constitue un contreventement horizontal parfait. Il n'a pas paru utile d'en ajouter aucun autre dans le cylindre de la surface d'intrados, où sa constitution eût été bien difficile, et son efficacité moindre. Le résultat a été conforme aux prévisions, les épreuves finales ayant montré que l'ouvrage possédait une rigidité et une solidarité rarement atteinte.

Pour recevoir la chaussée et les trottoirs, il a été créé une surface continue de tôle pleine. Au milieu de chaque arche, se trouve le blindage déjà mentionné. Dans les parties comprises entre ce blindage et les retombées, on a rempli l'intervalle entre les semelles des arcs par des tôles creuses cylindriques, qui forment des auges longitudinales. Les eaux d'infiltration de la chaussée sont ainsi naturellement drainées vers des points préparés où elles trouvent, tous les 6 m, des ouvertures qui en assurent l'écoulement. Sous le platelage, et entre chaque paire d'arcs, une gouttière longitudinale recueille ces eaux et les conduit vers la culée voisine, préservant les bateaux qui passent constamment, et les éléments même de la construction, contre la chute des gouttes d'eau souillée.

Les trottoirs qui sont surélevés, par rapport à la chaussée, ont un platelage différent. Ces trottoirs sont en asphalte posé sur du béton et peuvent être considérés comme imperméables aux eaux de pluie. Pour recevoir le béton, on a donc employé deux rangs de tôles bombées ordinaires, qui reposent, d'une part, sur une des semelles de l'arc de rive, d'autre part, sur les longerons de bordure, intérieur ou extérieur, c'est-à-dire celui qui maintient la bordure du trottoir en pierre, et celui qui sert d'appui au garde-corps.

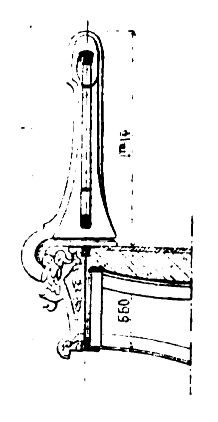
Le longeron sous garde-corps est porté par des consoles robustes, plaquées contre les montants des arcs de rive.

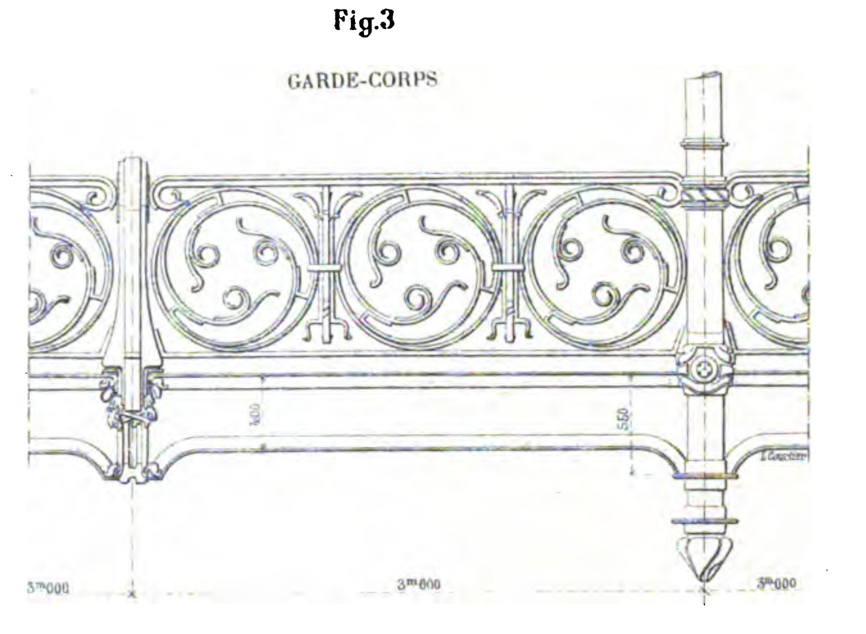
Les mêmes extrémités de consoles sont utilisées pour attacher les montants de garde-corps. Il a paru utile de donner une rigidité très grande à ces montants et, dans ce but, ils sont venus de fonte avec les consoles ornementant le longeron de bordure. Leur attache comme leur réglage au montage se sont trouvés grandement facilités par cette disposition *(fig. 3)*.

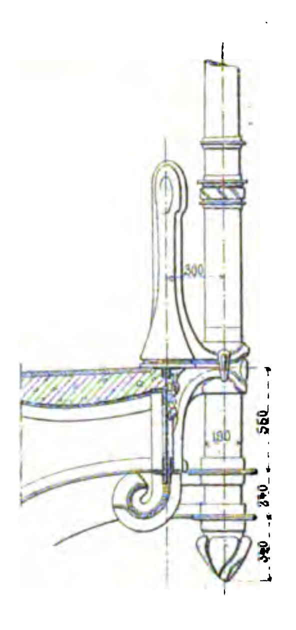
Le garde-corps proprement dit est d'ornementation simple mais originale. Il est entièrement en métal laminé, disposé par panneaux distincts, de manière à ne souffrir en aucune façon

Fig.3

GARDE-CORPS







des mouvements possibles des arcs, provenant de la dilatation ou des surcharges variables.

Les montants du garde-corps ont, d'ailleurs, été utilisés pour la pose de mâts supportant les fils du trolley. Une légère transformation des consoles extérieures a permis la fixation et le réglage de ces mâts. Les trottoirs sont ainsi libres de tout encombrement autre que celui des candélabres à gaz.

La dilatation des parties métalliques est assurée aux culées et sur la pile au moyen de joints spéciaux logés sous la chaussée et sous le trottoir. Le pavage de la chaussée et les rails de tramway sont continus par-dessus lesdits joints. Les trottoirs et leurs bordures ont, au contraire, des joints apparents.

Des soins particuliers ont été demandés par l'Administration pour assurer la préservation du métal contre les influences atmosphériques et, notamment, l'humidité provenant des infiltrations. Nous avons déjà fait connaître les soins apportés au drainage de la chaussée par les trous ménagés dans les auges. Toute la surface métallique de l'extrados, blindage, membrures supérieures et auges, a reçu d'abord quatre couches de peinture. Sur ces fers, on a étalé une couche de mortier de ciment de 2 à 3 cm d'épaisseur. Celle-ci a été recouverte d'une couche d'asphalte coulé, qui a modelé et épousé toutes les inégalités, et formé des surfaces où les eaux trouvaient des pentes d'écoulement assurées vers les trous de drainage. Ces trous eux-mêmes sont garnis de chapelles en fonte laissant passer l'eau, mais retenant le sable par l'intermédiaire d'un petit cailloutis.

Le sable de la forme a été répandu sur l'asphalte, les rails, du type Broca, étant d'ailleurs posés sur des lits longitudinaux de déchets de carrière concassés très menu. Enfin, un pavage en pierre dure du pays constitue la surface de roulement.

Les trottoirs sont constitués plus simplement. Les tôles bombées ont reçu un bétonnage général, recouvert d'un asphaltage soigné. Par endroits, là où il restait trop peu d'épaisseur, par suite du grand nombre de tôles supplémentaires d'extrados, cet asphalte se trouve reposer directement sur les tôles.

Les pierres de bordure sont posées directement sur le béton, et accotées au longeron de bordure, également à l'aide de béton.

Il a été indiqué plus haut que la pile en rivière supportant la série des appuis doubles, communs aux deux arcs, a été con-

servée autant qu'il était possible. Cette pile se trouve dans l'axe longitudinal du déversoir existant, et elle a contenu jadis le logement nécessaire à l'extrémité d'un barrage à aiguilles.

Ce barrage est aujourd'hui reporté plus bas : son radier subsiste sous le bras gauche de la rivière.

La pile portait un corps supérieur très massif, dans lequel étaient ancrés les longerons de l'ancien pont.

Ce massif a été enlevé, et le couronnement de la pile proprement dite dérasé de quelques assises, pour préparer les emplacements de quelques appuis nouveaux. Il n'y a pas lieu de s'arrêter à cette réfection du haut de la pile.

Les culées étaient, au contraire, très insuffisantes pour recevoir les charges et poussées du nouveau pont. L'ensemble des huit arcs donne, en effet, sous la charge permanente et la surcharge totale, une poussée horizontale qui pourrait atteindre environ 3 350 t. La charge verticale atteindra, dans les mêmes conditions, 968 t.

L'insuffisance des fondations anciennes a donc nécessité un approfondissement général et une extension en arrière du nu de ces constructions. On a pu laisser en place les parties tout à fait en avant, leur profondeur étant suffisante, et les pressions maxima sur le sol ne devant pas se produire en cet endroit.

Mais à l'arrière il a fallu descendre jusqu'au bon sol, qui dans cette partie de la vallée de la Meuse est un gravier résistant, mais permettant de fortes infiltrations venant de la rivière. La cote à atteindre étant à 2,50 m environ au-dessous des eaux ordinaires de retenue, il a fallu épuiser vigoureusement, sans cependant qu'il se soit présenté de difficultés spéciales.

On a donc établi sur le bon sol un massif de 14,50 m × 21 m en plan, sur la rive droite, et de 18,75 m × 21 m sur la rive gauche.

De ce dernier côté on a rejoint, en opérant ainsi, la culée d'un petit pont jeté par-dessus le canal latéral éclusé, dont la construction était bien plus récente que celle du grand pont.

Ces massifs ont été faits en béton de ciment, par couches pilonnées. Il fallait, en effet, que la prise en fût rapidement assurée, les charges du tablier devant s'y exercer dès l'achèvement des fondations.

Tous les revêtements des culées, comme aussi les parties renouvelées de la pile, ont été exécutés en pierre bleue, dite petit granit, qui est une des meilleures pierres de construction

connues, et dont on peut se procurer des blocs sains et parfaits de texture et d'aspect, dans le voisinage immédiat de Liège.

Les bahuts ornementaux, les parties moulurées ou autrement décorées, ont tous été faits de la même pierre.

Les conditions d'établissement de l'ouvrage furent fixées par l'Administration des Ponts et Chaussées. Elles sont sévères, sans cependant aucune rigueur inutile.

Les poids permanents ont été déterminés par un avant-projet assez poussé. Le pont devant servir au passage de foules assez compactes, on a fixé à 400 kg par mètre carré la surcharge à employer dans le calcul. Cette surcharge est, d'ailleurs, réglementaire en Belgique.

Les surcharges roulantes sont fixées par les cahiers des charges générales. Elles comprennent le passage simultané de deux chariots de 18 t (un essieu de 10 et un de 8 t) attelés chacun de 10 chevaux. En outre, l'effet du passage de trains-tramway devait être considéré. Ces trains étaient prévus à trois voitures, dont la première motrice, de 12 t, et les deux remorques de 7 t chacune. Ces trains étaient ceux du matériel ancien d'une exploitation à vapeur. Ils ont été remplacés par des voitures à traction électrique, d'un type un peu différent.

La construction entière étant en acier, on admit comme coefficient de travail maximum dans les membrures des arcs, 9 kg par millimètre carré. Dans les barres de treillis des arcs, un maximum de 6 kg ne devait pas être dépassé; les pièces comprimées devaient être soumises au calcul du flambement et leur coefficient de travail réduit en conséquence.

Les pièces de la voie ne devaient pas dépasser 8 kg par millimètre carré;

Les rivets, calculés au cisaillement, 7 kg par millimètre.

Un certain nombre d'éléments des membrures pouvant subir des efforts de sens opposé, il fut convenu en cours d'exécution que le coefficient maximum serait déterminé par la formule $R = 9 \text{ kg} - 2 \frac{A}{B}$. A et B sont les coefficients extrêmes à l'extension et à la compression, cette dernière étant toujours la plus grande.

Les tronçons des membrures supérieures des arcs ont à supporter des efforts de flexion locale sous les surcharges, surtout sous le passage des chariots d'épreuve et des tramways. On

exigea qu'il fût tenu compte des effets de flexion, les tronçons de 3 m de longueur étant considérés comme des longerons encastrés aux nœuds extrêmes.

De même, le blindage des parties centrales des arcs pouvant recevoir de lourdes charges provenant de roues fut calculé pour la flexion locale, en même temps que pour la résistance générale. A cet effet, les formules de Grashof furent employées. Elles conduisirent à renforcer par de petites entretoises les intervalles entre les arcs.

Voici comment furent envisagées les questions de variation de température.

Le montage a été supposé devoir se faire à une température normale de 10 degrés. On admit que cette température pouvait s'élever, pour l'ensemble des arcs, de 15 degrés, et atteindre 25 degrés. Toutefois, comme des observations spéciales avaient fait reconnaître que, dans des ponts de ce genre, les arcs de tête, plus directement exposés au soleil, pouvaient atteindre une température supérieure de 8 degrés aux arcs voisins, il fut tenu compte de la possibilité d'une différence semblable, ajoutée à la surélévation de 15 degrés.

De même, la température devait pouvoir baisser de 15 degrés sans que les coefficients fussent dépassés dans les conditions de surcharge les plus défavorables.

On admit que la température 'pouvait s'abaisser encore de 15 degrés, c'est-à-dire à — 20 degrés, mais il était invraisemblable que jamais les épreuves se feraient à cette température, ni que les conditions de surcharge extrêmes se produiraient. On admit donc, pour ce cas extrême, une majoration possible des coefficients de travail de 1,25 kg par millimètre. Ces limites ne furent jamais atteintes et même en général le coefficient de 9 kg fut largement respecté.

On devait, d'après le cahier des charges, faire les hypothèses suivantes sur la répartition des surcharges :

1° Les deux travées surchargées en entier, séparément;

2° Les deux travées simultanément surchargées;

3° Chaque travée alternativement surchargée sur 20 m de la partie centrale de l'arc;

4° Les surcharges roulantes dans leur position la plus défavorable.

En réalité, les calculs furent faits à l'aide de courbes d'influence, relatives à tous les éléments constitutifs des arcs, et l'on

chercha pour chacun d'eux la répartition des surcharges qui devait donner le maximum absolu des efforts.

Dans tous les éléments, et malgré que le travail fût presque toujours à la compression, on déduisit rigoureusement tous les rivets des sections transversales.

Mode de calcul.

La décision, intervenue, un peu tardivement, de reconstruire le pont de Commerce avant l'Exposition de Liège, exigeait que le travail entier, projet et exécution. fût fait dans l'espace de quinze mois environ. Le temps de préparation était donc nécessairement bref et, si désirable que fût l'examen approfondi de cette première application d'un nouveau type de construction. il convenait d'employer les procédés les plus expéditifs pour la vérification par le calcul. Il n'existe encore, à notre connaissance du moins, aucun pont en arc, à plusieurs travées, sans poussée transmise aux appuis intermédiaires, et la théorie des arcs ordinaires a besoin ici d'une appropriation spéciale.

Le mode de calcul choisi fut donc celui qui emploie les moments fléchissants et les compressions longitudinales, c'est-à-dire les éléments envisagés dans la flexion générale des pieces pleines. Les arcs étant à grandes mailles de treillis, ce calcul pouvait sembler ouvert à la critique, mais à cause de sa rapidité — relative d'ailleurs — il fut choisi en premier lieu.

La formule générale de la flexion d'une pièce courbé reposant sur deux appuis à rotules conduit à celle bien connue qui donne la variation de corde d'un arc.

$$\Delta L = \int_0^L \frac{My}{EI}\, ds - \int_0^L N \frac{ds}{E\Omega}.$$

Dans cette formule :

y est l'ordonnée de la fibre neutre de l'arc par rapport à la ligne des naissances;

ds la longueur de l'élément de fibre neutre considéré;

Ω la section de l'arc au point considéré;

I le moment d'inertie de la section;

M le moment fléchissant;

N la compression tangentielle. Elle peut, pour des arcs aussi plats que ceux-ci, être considérée comme égale à la poussée H.

On a : $$M = m - Hy,$$

où m est le moment fléchissant abstraction faite de la poussée H.

Il est à peine besoin de remarquer ici que nous faisons abstraction de la très faible inclinaison de la ligne des naissances et que nous considérons celle-ci comme horizontale.

L'équation ci-dessus devient :

$$\Delta L = \int_0^L \frac{my}{EI} ds - H \int_0^L \frac{y^2}{EI} - H \int_0^L \frac{ds}{E\Omega}$$

$$= \int_0^L \frac{my}{EI} ds - H \left[\int_0^L \frac{y^2}{EI} + \int_0^L \frac{ds}{E\Omega} \right]$$

Nous appelons A le terme multiplicateur de H. Il est constant, quelle que soit la répartition des charges, et, dans le cas d'un arc ordinaire, à deux appuis invariables (à deux rotules), il sert au calcul de la poussée, car, lorsque $\Delta L = 0$,

$$H = \frac{1}{A} \int_0^L \frac{my}{EI} ds.$$

Ce terme A est la caractéristique de la poussée.

Si plusieurs arcs sont conjugués, les points d'appui extrêmes, (ou culées) étant seuls fixes, on pourra écrire pour chacun d'eux :

$$\Delta L_1 = \int_0^{L_1} \frac{my}{EI} ds - A_1 H$$

$$\Delta L_2 = \int_0^{L_2} \frac{my}{EI} ds - A_2 H$$

$$\Delta L_3 = \int_0^{L_3} \frac{my}{EI} ds - A_3 H$$

attendu que H est le même pour chacun des arcs.

Or, suivant l'hypothèse faite ci-dessus de culées invariables, on aura toujours :

$$L_1 + L_2 + L_3 + \ldots\ldots = 0.$$

Additionnant membre à membre les équations qui précèdent, on aura :

$$\int_0^L \frac{my}{EI} ds + \int_0^{L_2} \frac{my}{EI} ds + \int_0^{L_3} \frac{my}{EI} ds + \ldots\ldots = H (A_1 + A_2 + A_3 + \ldots).$$

D'où l'on déduira :

$$H = \frac{\int_0^{L_1} + \int_0^{L_2} + \int_0^{L_3} + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}.$$

Dans notre cas de deux arcs, et lorsqu'un seul des arcs reçoit une charge, cette équation devient, les travées portant les lettres G et D (1) :

$$H = \frac{\int_0^{L} \frac{my}{IE}\,ds}{A_G + A_D}.$$

Les arcs n'ayant pas d'expression analytique, on ne peut procéder aux intégrations que par parties, en divisant leur longueur en un certain nombre de tronçons et en calculant pour chacun d'eux la valeur moyenne correspondante de y, I, Δs, etc. La dernière équation est alors :

$$H = \frac{\sum_0^{L} \frac{my}{EI}\Delta s}{A_G + A_D}.$$

C'est à l'aide de cette formule que les poussées ont été calculées, après quoi le calcul redevient semblable à celui de tous les ponts en arc ; seulement il est ici deux fois plus long qu'à l'ordinaire, le calcul s'étendant toujours simultanément à l'ensemble des deux arcs conjugués.

Ce procédé néglige complètement, ainsi qu'il est facile de le voir, l'influence éventuelle des barres de treillis, montants et diagonales. Cette influence n'est pas toujours négligeable, comme

(1) On arrive rapidement à l'établissement de cette formule pour le cas de deux arches en exprimant que le déplacement sur la pile intermédiaire est le même pour chacun d'eux, la poussée H étant également la même. On a ainsi pour l'arc de gauche, supposé seul chargé :

$$\Delta L_G = \int_0^{L_G} \frac{my}{EI}\,ds - \int_0^{L_G} \frac{Hy}{EI}\,ds - \int_0^{L_G} \frac{H}{E\Omega}\,ds$$

et pour l'arc de droite :

$$\Delta L_D = \int_0^{L_D} \frac{Hy}{EI}\,ds + \int_0^{L_D} \frac{H}{E\Omega}\,ds.$$

D'où $\int_0^{L_G} \frac{my}{EI}\,ds - \int_0^{L_G} \frac{Hy}{EI}\,ds - \int_0^{L_G} \frac{H}{E\Omega}\,ds = \int_0^{L_D} \frac{Hy}{EI}\,ds + \int_0^{L_D} \frac{H}{E\Omega}\,ds$

et, en adoptant les notations précédentes :

$$\int_0^{L_G} \frac{my}{EI}\,ds = H(A_G + A_D)$$

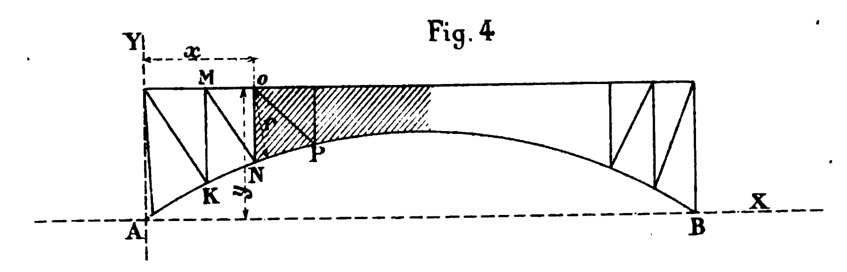
qui est la même formule que ci-dessus.

on le suppose et, dans un ouvrage aussi important, il n'était pas sans intérêt de vérifier si les résultats obtenus concordaient avec ceux d'un calcul où on tiendrait compte de tous les éléments sans exception.

Les calculs furent donc repris suivant une autre méthode, après que les dimensions des arcs avaient été déterminées par celle qui vient d'être exposée. C'est en recourant à la méthode qui tient compte de la variation de longueur de chaque élément de la structure que fut faite cette vérification. Elle est souvent employée à l'étranger, mais rarement en France. Nous la rappelons sommairement ici, en l'appliquant immédiatement aux fermes qui nous occupent.

Tout élément NP d'un arc libre de se deformer en s'allongeant sous l'effet de forces quelconques produit une variation de la corde AB. Pour la déterminer, il suffit de considérer le nœud O, opposé à NP dans le triangle ONP, et de considérer comme fixe la portion d'arc OBP *(fig. 4)*. Le déplacement du point A sera

Fig. 4



déterminé en hauteur et horizontalement par les formules suivantes :

$$\Delta L = \Delta l \frac{y}{r}, \qquad \Delta h = \Delta l \frac{x}{r}.$$

Dans ces formules, ΔL est le déplacement horizontal de l'appui A, ou l'allongement de la corde AB si cette ligne de naissance est horizontale. Dans notre cas actuel, elle en diffère si peu qu'elle a pu être, sans erreur, considérée comme telle.

Δh est le déplacement vertical de A;

Δl est la variation de longueur de l'élément considéré;

x, y et r sont les longueurs des perpendiculaires abaissées du centre O sur AY, sur AB et sur NP.

On sait que, si c'était la barre MN que l'on considérait, le point O serait celui de la rencontre de deux droites, MO et KN, c'est-à-dire le centre instantané de rotation pour ces deux barres.

Considérant l'élément ON, le centre instantané de rotation serait la rencontre de MO avec NP.

Si l'on connaissait toutes les quantités ΔL, la déformation générale de l'arc serait immédiatement calculable.

Procédant d'une façon analogue à celle employée dans la théorie des pièces pleines, qui se sert des moments d'inertie, on cherchera d'abord l'effet que produira une poussée suivant $AB = 1$.

On peut tracer graphiquement, comme on peut trouver par le calcul (1), les efforts produits dans chaque barre par cette force $= 1$.

Son expression sera, par exemple, pour NP :

$$F = 1 \times \frac{y}{r}.$$

Sa section Ω et sa longueur l étant connues, on en déduira sa variation de longueur :

$$\Delta l = \frac{y}{r} \times \frac{l}{E\Omega} = \frac{ly}{E\Omega r}.$$

Pour les barres de treillis, ce sera évidemment, comme ci-dessus, le centre instantané de rotation qui interviendra.

On déduira, de l'ensemble des deux expressions, que :

$$\Delta L = \frac{ly^2}{E\Omega r^2} \qquad \text{et} \qquad \Delta h = \frac{xyl}{E\Omega r^2}.$$

Et, pour l'ensemble de toutes les barres composant l'arc :

$$\Delta L = \Sigma \frac{ly^2}{E\Omega r^2}.$$

Si, maintenant, on applique sur l'arc des forces autres que H, des poids verticaux, par exemple, comme c'est le cas ici, on pourra calculer pour chaque nœud (ou centre des moments) un moment m, et on en déduira la valeur de la variation de longueur dans les différents éléments, en se servant de l'expression $\Delta L = \frac{mly}{E\Omega r^2}$. Leur somme, divisée par $\Delta L = \Sigma \frac{ly^2}{E\Omega r^2}$, donnera immédiatement la valeur correspondante de la poussée.

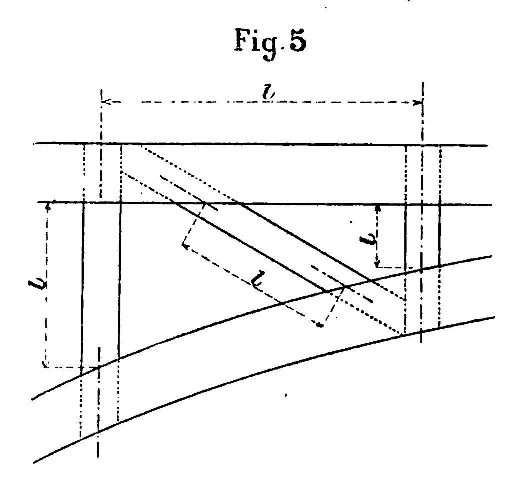
Ces calculs sont fort longs et laborieux. Ils méritent d'être faits pour un ouvrage important, ne fût-ce qu'à titre de vérification. Mais il existe toujours quelque incertitude sur la manière

(1) Par la méthode dite de *Ritter*.

de les appliquer, les conditions théoriques supposées n'étant jamais réalisées d'une façon absolue.

Ainsi, dans le cas d'une structure rivée, comme la nôtre, les éléments se superposent en partie. Les montants, les diagonales chevauchent, par des parties importantes de leur longueur, sur les membrures. Celles-ci sont continues, et on peut, avec une exactitude très satisfaisante, les considérer comme allant de nœud à nœud. Mais on soutiendra difficilement que les diagonales subissent, dans leurs parties assemblées aux membrures, des variations de longueur égale à celle de la partie libre. Il nous a donc semblé, en raison de ce double emploi, qu'il convenait de donner à l, pour les membrures, la longueur totale, mais que, pour le treillis, dont l'influence est, d'ailleurs, bien moindre que celle des membrures, il fallait plutôt considérer la longueur libre entre attaches *(fig. 5)*.

Fig. 5



Les arcs sous chaussée ayant une partie pleine au milieu, le calcul par les moments d'inertie est, naturellement, seul applicable à cette portion. On le combine aisément avec l'autre.

Pour rechercher aisément les efforts maxima de surcharges sur chaque barre, en les appliquant seulement là où elles produisent des effets de même sens, il a paru utile de se servir des courbes d'influence. On a donc choisi des points déterminés des arcs, au nombre de six, où ont été appliqués successivement des poids = 1. Soit dans la première, soit dans la deuxième méthode, les efforts dans les barres étant calculés pour ces points, le tracé des courbes a été aisément fait, et les sommations des maxima et minima déterminées.

Il serait trop long de reproduire ici même une partie de ces résultats. Mais on trouvera peut-être intéressant de comparer les chiffres résultant des deux méthodes, pour les éléments généraux des poussées.

La caractéristique de la poussée, définie plus haut par $A_G + A_D$, a été, pour les arcs sous chaussée, trouvée égale à **11 090** par la méthode des moments d'inertie, et à **11 372** par la méthode directe.

Pour les arcs sous trottoirs, à **7 240** par la méthode des I, et à **7 482** par la méthode directe.

Les différences entre les deux chiffres sont de **2,5** 0/0 dans le premier cas, et **1,78** 0/0 dans le second.

Les différences dans les poussées dues aux forces appliquées aux montants **1, 5, 9, 13, 17, 21**, sont également faibles. Ce sont les seuls résultats que nous croyons intéressant de consigner ici.

TABLEAU DE VALEURS DE H CALCULÉES PAR LES DEUX MÉTHODES.

POSITION des CHARGES	ARCS SOUS CHAUSSÉE			ARCS SOUS TROTTOIR		
	CALCUL par les I	CALCUL direct	DIFFÉRENCES	CALCUL par les I	CALCUL direct	DIFFÉRENCES
Arc G						
1	0,234	0,248	0,014	0,219	0,243	0,024
3	0,547	0,585	0,038	0,521	0,575	0,054
5	0,859	0,900	0,041	0,790	0,860	0,070
7	1,119	1,150	0,031	1,010	1,080	0,070
9	1,302	1,320	0,018	1,152	1,230	0,078
11	1,381	1.410	0,029	1,205	1,282	0,077
13	1,348	1,380	0,032	1,174	1,260	0,086
15	1,197	1,260	0,063	1,055	1,132	0,077
17	0,934	1,010	0,076	0,835	0,900	0,065
19	0,606	0,660	0,054	0,547	0,600	0,053
21	0,234	0,265	0,031	0,215	0,242	0,027
Arc D						
1	0,207	0,214	0,007	0,197	0,202	0,005
3	0,484	0,504	0,020	0,464	0,472	0,008
5	0,757	0,773	0,016	0,707	0,713	0,006
7	0,938	0,990	0,052	0,904	0,908	0,004
9	1,160	1,150	— 0,010	1,041	1,036	— 0,005
11	1,242	1,235	— 0,007	1,104	1.090	— 0,014
13	1,222	1,214	— 0,008	1,083	1,085	0,002
15	1,099	1,108	0,009	0,977	0,978	0,001
17	0,856	0,875	0,019	0,776	0,786	0,010
19	0,558	0,572	0,014	0,511	0,520	0,009
21	0,216	0,224	0,008	0,201	0,205	0,004

Les résultats du calcul sont, on le voit, très rapprochés dans les deux systèmes, particulièrement pour l'arc D. Nous ferons cependant deux remarques. La première, c'est que, sauf quelques petites exceptions, le calcul direct fournit toujours des valeurs de H un peu plus fortes que les autres. L'élasticité des pièces de treillis donnerait-elle, à l'ensemble de la ferme, plus de flexibilité qu'une âme pleine?

La deuxième remarque est que l'arc G donne des chiffres où les différences entre les calculs sont un peu plus marquées que pour l'arc D. Nous n'avons pas trouvé de raison certaine pour semblable différence.

Quoi qu'il en soit, la répercussion de ces différences sur les tracés graphiques qui permettent d'évaluer les efforts dans chaque élément des arcs est très faible. On peut dire qu'entre les deux méthodes de calcul les différences ne dépassent pas en moyenne 2 à 4 0/0. Comme l'un et l'autre calcul sont basés sur des hypothèses nécessitées par la réalisation pratique des formes supposées par la théorie, on peut admettre ce résultat comme très satisfaisant.

Épreuves du pont.

La construction du pont de Commerce avait été décidée en toute hâte ; elle fut faite de même, sous la pression des circonstances. L'ouverture de l'Exposition au public devait avoir lieu le 23 avril 1905, trois semaines avant le délai accordé à la Société John Cockerill pour la livraison du pont.

Toutefois, les mesures prises, l'activité portée à la construction permettaient d'assurer que le pont pourrait être livré au public le jour de l'ouverture de l'Exposition. Il fallait cependant le soumettre à quelques épreuves de solidité avant cette inauguration; l'Administration l'exigeait avec raison.

On prit donc des dispositions pour que, deux ou trois jours avant l'ouverture à la circulation, des épreuves fussent faites. Avec une extrême bonne volonté (1), l'Administration renonça à soumettre le pont, dans sa largeur totale, aux surcharges prévues et qu'elle aurait pu exiger. On se contenta de demander la sur-

(1) L'Administration des Ponts et Chaussées, qui exerçait naturellement son contrôle permanent sur les études et sur la construction, y a apporté en toutes circonstances une bonne grâce particulière, facilitant le plus possible l'exécution et la rapidité du travail. Elle était représentée par M. l'Ingénieur en chef Fendius, et plus particulièrement par M. E. Jacquemin, Ingénieur principal.

Flèches des arcs G						Figures schématiques montrant les diverses positions des voitures de tramway sur le pont.	Flèches des arcs D					
ARC 2	ARC 3	ARC 4	ARC 5	ARC 6	ARC 7		ARC 2	ARC 3	ARC 4	ARC 5	ARC 6	ARC 7
0	0	0	0	0	0	Lecture 1 initiale	0	0	0	0	0	0
0,05	-0,125	-0.05	-0,4	0,55	-0,6	G 2 D	3,25	3,75	3.75	3,25	3.5	3,5
-0,6	-0.825	-1	-0.85	-0,7	-0,9	3	4.75	4,75	4,8	5	3,5	4
-0,3	-0,725	-0,7	-0,55	-0,55	-0.65	4	4,5	4.25	3.8	3,25	2.25	3
6,25	5,875	5,8	6,35	6,45	6,3	5	-3	-2	-3.95	-2.75	-3.25	-4,25
7,45	7.175	7,3	7.875	7,8	7,6	6	-5	-4,5	-4,95	-3,75	-5,5	-6,25
6,7	6,475	6,4	6,875	6,65	6.6	7	4.75	-3,5	-4,95	3,5	5,5	5,5

2,35	2,125	1,825	2,4	2,45	3,4	8	-1,5	-1,25	-1,7	-0.25	-5	-3,25
-0,35	-0,725	-1,1	-0,95	-0,65	-0,7	9	2,5	3,75	2,3	3,6	0	1
-3,35	-3,675	-4,25	-3,7	-3,65	-3,75	10	7	7	7,05	7,75	3,5	5,25
2,8	2,575	2,45	3,2	3,2	3,0	11	0	0.5	0,3	1	-3,75	-1,25
10,5	10,175	10,5	11,35	11,2	11,05	12	-8	-7	-9,2	-6,75	-10,5	-7,75
8,05	8,075	7,95	8,75	8,65	8,55	13	-4,75	-3,5	-4,95	-2,75	-9,5	-6,25
4,75	4,575	4,65	5,35	5,35	5,25	14	-1	0,25	-0,55	-1,15	-4	-2,5
7,3	7,075	7,15	7,65	7,8	7,6	15	-3,5	-3	-4,95	-2	-8	-5,5
2,15	1,775	1,5	1,875	2,2	2,2	Lecture 16 finale	-2,5	-1,75	-3,2	-0,5	-9,5	-4,25

Les flèches affectées du signe - se rapportent à des relevements. — Tous les chiffres sont la moyenne de plusieurs lectures par deux observateurs.

charge maxima sur un peu plus de la moitié de la largeur du pont, comprenant les quatre arcs (sur six) supportant les voies de tramway.

Le temps manquant totalement pour faire toutes les épreuves qui eussent été nécessaires pour soumettre ces quatre arcs aux maxima absolus donnés par les surcharges distribuées dans ce but, on résolut de simplifier le travail de la manière suivante :

Deux arcs sous chaussée recevant une des voies de tramway furent surchargés au maximum, dans toute leur étendue, à l'aide de sable. Cette surcharge représentait 400 kg par mètre carré. La seconde voie (c'est-à-dire les deux autres arcs) fut laissée libre, et on y fit rouler un certain nombre de trains-tramways, occupant les positions les plus variées, conduisant aux plus grandes fatigues. Ces tramways étaient chargés à l'aide de sacs de sable, de façon à atteindre l'équivalent de la surcharge de 400 kg par mètre carré.

A un moment donné, les deux travées se trouvaient entièrement surchargées d'un train continu de tramways, circonstance qui, en exploitation courante, ne se produira jamais.

Il y avait intérêt, dans ces conditions de surcharge, à vérifier très exactement et très complètement les déformatians qui se produiraient sur les arcs. On choisit pour cela les montants n° 11, situés à la clef, et on les munit d'appareils Bosramier, au nombre de 12. Chaque arc sous chaussée des deux travées fut ainsi soumis à l'observation. Les résultats furent assez remarquables pour nous faire regretter de n'avoir pas muni également les quatre arcs de rive des mêmes appareils.

Le but de ces observations nombreuses, sur tous les arcs sous chaussée, était surtout de savoir dans quelle mesure une charge agissant sur deux des arcs, — en fait ceux du milieu, — se transmettrait aux autres et entraînerait leur flexion. Des observations de ce genre, très intéressantes, avaient été faites au pont Mirabeau, à Paris. On avait trouvé que, sur le passage d'un rouleau à vapeur, très lourd, tous les arcs sous chaussée étaient intéressés, mais que, si la flexion de celui qui recevait la charge était de 19 mm, les arcs voisins fléchissaient en même temps de 14 mm, 8 mm et 2,5 mm. Cela donnait en quelque manière la mesure de la valeur du contreventement vertical.

On se proposa, pour les surcharges des deux arches, le schéma résumé dans le tableau (p. 560) (colonne du milieu), qui correspondait sensiblement à la distribution la plus variée des trains-

tramways pouvant passer sur le pont. Ces trains étaient formés de voitures automotrices électriques, surchargées chacune de 2 t de sable, ce qui répond à environ trente voyageurs. La largeur intéressée est de 3 m; les voitures ont 8,70 m de longueur; elles pèsent 8,5 t chaque, ce qui donne au total, pour chacune, un poids de 10,5 t, soit 400 kg par mètre carré.

Ces voitures sont destinées à marcher deux par deux, mais leur groupement, dans les épreuves, fut tel qu'elles se suivaient trois par trois, puis quatre par quatre, et qu'à un moment donné elles formaient un train couvrant totalement, soit l'une, soit l'autre des deux arches, soit encore les deux arches simultanément. Comme les deux arcs voisins avaient leur pleine surcharge de sable, il en résultait que quatre arcs sous chaussée, sur six, avaient effectivement leur plus grande surcharge.

Les roues des véhicules sont assez rapprochées pour qu'on puisse assimiler le passage des trains à l'effet d'une charge uniformément répartie. Leur écartement, de 3 à 4 m, est, en effet, peu de chose, comparativement à la portée des arcs, qui est de 67,845 m.

Les épreuves ont été au nombre de treize, dont le schéma indique la distribution. Les appareils ayant été observés 1° avant le début des épreuves, 2° au milieu, c'est-à-dire après les six premières, où le pont fut débarrassé de ses surcharges roulantes, puis 3° immédiatement après la dernière épreuve, on eut en somme seize lectures, ce qui permit de tirer des conclusions de l'ensemble des résultats.

Pour l'appréciation de ces résultats, il convient de ne pas perdre de vue la petitesse des chiffres observés par rapport à la grandeur des ouvertures, l'absence de tout point fixe voisin, échafaudage ou autre, enfin de l'état tumultueux des eaux, dans le voisinage du barrage, qui rendait très grande la mobilité des appareils Bosramier employés.

Les flèches observées aux points n° 11 (milieu) des deux arcs sont résumées dans le tableau ci-joint, qui donne les observations sur les six arcs sous chaussée.

La flèche théorique, au milieu des arcs, fut calculée exactement pour chaque épreuve; dans ce calcul, la valeur $E = 20 \times 10^9$, fut adoptée comme s'appliquant probablement au métal employé. Ces flèches sont les suivantes, chaque arc étant supposé isolé des arcs voisins, et obéissant librement aux effets de la surcharge :

NUMÉRO DE L'ÉPREUVE	FLÈCHE DE L'ARC DE GAUCHE	FLÈCHE DE L'ARC DE DROITE	OBSERVATIONS
1	0	0	Avant toute surcharge.
2	— 20.42	27.10	Le signe — indique un relèvement.
3	— 24 20	32.30	
4	— 18.78	24.60	
5	22.08	— 21.80	
6	27.95	— 22.80	
7	21.85	— 18.80	
8	0	0	Toutes surcharges enlevées.
9	— 21.75	27.20	
10	— 42.10	52.50	
11	1.89	6.18	
12	47.20	— 39.30	
13	25.45	— 10.32	
14	5.12	13.45	
15	26.90	13.90	
16	0	0	Toutes surcharges enlevées.

Ces flèches, à première vue, n'ont aucun rapport avec celles observées, qui sont partout beaucoup plus faibles. Il faut donc les étudier pour en chercher la concordance, si elle existe.

On remarque, en faisant cet examen, que partout le sens de la déformation est bien d'accord avec celui indiqué par le calcul. Cette remarque faite, on observera que l'allure des déformations résumées dans le graphique ci-joint (1) est telle que la flèche prise par chaque arc individuellement n'est pas très différente de celle de ses voisins. Il semble que les six arcs sous chaussée aient fléchi ensemble, de quantités sensiblement égales, malgré que les deux du milieu, nos 3 et 4, se soient seuls trouvés sous la surcharge. Certaines irrégularités viennent même confirmer cette remarque. Ainsi l'arc n° 6 du côté D (droit) a évidemment subi à partir de l'épreuve n° 8, une anomalie. Elle a dû consister dans un léger déplacement, au fond de l'eau, du poids qui retenait le fil de l'appareil Bosramier. Ce bras de la rivière avait des remous considérables, et tout fait croire qu'il y a eu, à un moment donné, un léger tassement de ce poids. En corrigeant de 4 mm les lectures de ce point, à partir de l'épreuve n° 8, la

(1) Voir planche 119.

régularité des flèches redevient absolument satisfaisante. Des observations semblables, mais de moindre importance encore, pourraient être faites sur quelques autres points : elles disparaissent dans l'ensemble.

La parité des flèches observées sur les six arcs sous chaussée nous semble autoriser une conclusion très nette : c'est que la solidarité de ces arcs entre eux s'est montrée telle qu'on peut considérer l'ensemble de la construction métallique comme ayant fléchi comme s'il s'agissait d'une pièce unique.

Ce résultat, éminemment satisfaisant, provient en premier lieu de la robuste constitution des contreventements. Mais il provient certainement encore d'une autre cause, qui est l'existence, comme extrados général, de ce que nous avons appelé le blindage. Cet élément de construction, qui distingue le pont de Commerce de la plupart des ouvrages de son genre, a produit, sous le rapport de la déformation, comme aussi des vibrations, le plus heureux effet.

La liaison des arcs entre eux par les contreventements est d'ailleurs si complète, jusques et y compris les arcs de rive, que nous n'hésitons pas à dire que ces arcs ont certainement dû accompagner les autres dans leurs flexions, ce que nous avons eu le grand regret de ne pouvoir constater, faute d'un nombre suffisant d'appareils. Nous nous croyons autorisé d'en faire état pour arriver aux conclusions que nous allons formuler et qui nous semblent résulter, par voie d'induction, des faits observés.

Si donc nous admettons un travail simultané de huit arcs, deux d'entre eux étant surchargés, nous arrivons à conclure que les flèches mesurées doivent se réduire au quart de celles calculées. Ce quart sera comparable à la moyenne des observations faites sur ceux des arcs qui avaient reçu des appareils de mesure, c'est-à-dire six. Si nous faisons cette moyenne en tenant compte de la correction que nous admettons pour l'arc n° 6, nous aurons le tableau suivant.

Ce tableau montre qu'il y a eu, après la première comme après la seconde série d'épreuves (n°s 8 et 16), une certaine flèche rémanente. Elle est un peu différente dans les deux cas, ce qui semble bien indiquer qu'il ne s'agit ni d'une flèche permanente ni d'un tassement. On peut remarquer à ce sujet que les épreuves se faisaient en évacuant le matériel par la travée D, et que cette évacuation fut faite la première fois par trains com-

posés de plusieurs véhicules, et la seconde fois par des véhicules isolés passant en vitesse.

NUMÉRO DE L'ÉPREUVE	ARC DE GAUCHE G	ARC DE DROITE D	OBSERVATIONS
1	0	0	
2	0.27	3.5	
3	—0.8	4.47	
4	—0.6	3.5	
5	6.2	—3.2	
6	7.5	—5.0	
7	6.3	—4.6	
8	2.43	—1.49	Toutes surcharges enlevées.
9	—0.7	2.86	
10	—3.7	8.6	
11	2.9	0.13	
12	10.8	—7.2	
13	8.3	—4.6	
14	8.0	—0.4	
15	7.4	—3.8	
16	1.95	—2.95	Toutes surcharges enlevées.

La comparaison de ces chiffres avec ceux du premier tableau, divisés par quatre, a fait voir que les flèches calculées étaient toutes légèrement supérieures à celles observées, dans une proportion semblant partout la même.

Nous avons pensé que la différence pouvait provenir de la valeur adoptée pour E, c'est-à-dire 20×10^9. Nous avons essayé d'employer les valeurs fréquemment données pour l'acier doux, c'est-à-dire 22×10^9, et nous avons alors obtenu les valeurs que nous résumons dans le tableau suivant, où nous mettons en regard les chiffres calculés et ceux observés.

On remarquera dans ce tableau de sensibles discordances, mais aussi un bon nombre de chiffres qui se rapprochent beaucoup, et qui correspondent aux épreuves où les charges étaient les plus importantes, savoir les n°s 5, 6, 7, 12, 13 et 15. Nous croyons qu'avec un peu de réflexion on s'expliquera les discordances aussi bien que les correspondances.

En effet, dans les épreuves n°s 2, 3 et 4, puis 9, 10 et 11, les flèches calculées n'ont pas été atteintes.

Au contraire, dans les épreuves 5, 6, 7, puis 13, 14 et 15, elles ont été dépassées.

NUMÉRO de L'ÉPREUVE	ARC G		ARC D	
	FLÈCHE CALCULÉE	FLÈCHE OBSERVÉE	FLÈCHE CALCULÉE	FLÈCHE OBSERVÉE
1	0	0	0	0
2	— 4.7	— 0.27	6.3	3.5
3	— 5.6	— 0.80	7.5	4.47
4	— 4.35	— 0.6	5.7	3.5
5	4.32	6.2	— 4.3	— 3.2
6	6.5	7.5	— 5.3	— 5.0
7	5.3	6.3	— 4.4	— 4.6
8	0	2.43	0	— 1.49
9	— 5.1	— 0.7	6.3	2.86
10	— 9.9	— 3.7	12.2	8.6
11	0.4	2.9	1.4	0.13
12	11.0	10.8	— 9.2	— 7.2
13	6.9	8.3	— 2.4	— 4.6
14	1.2	5.0	3.1	— 0.4
15	6.3	7.4	— 3.2	— 3.8
16	0	1.95	0	— 2.95

Les premières sont celles où le pont a reçu graduellement, doucement, peut-on dire, les premières surcharges, les plus légères. Il faut convenir que la surcharge mobile n'était que peu importante par rapport au poids mort de l'ouvrage. Malgré cela son effet se produit, mais avec un certain retard. La construction se comporte comme s'il y avait des frottements intérieurs retardants. Encore le retard se produit-il surtout sur la travée non surchargée, qui n'est influencée qu'à travers les appareils à rouleaux de la pile. Les effets produits du côté chargé sont déjà plus voisins de la concordance que du côté opposé.

Le passage brusque de la surcharge de la travée D à la travée G a pour effet de renverser tous les signes. Le mouvement une fois donné, la construction a obéi, et elle a donné très sensiblement les résultats prévus.

Les poids roulants enlevés, le pont n'est pas revenu à son zéro, se comportant comme si une réelle inertie y causait un retard.

A la reprise des épreuves avec une surcharge plus lourde, la

série des effets a été la même, surtout du côté G où les flèches négatives sont un peu plus éloignées des résultats du calcul que du côté D. A l'épreuve n° 11 où se produit un brusque changement de sens des flèches, ce changement est des plus marqués, il dépasse même l'état d'équilibre voulu, et on a une flèche de 2,9 mm quand elle ne devrait être que de 0,4. Dans la travée D elle n'est que de 0,13 au lieu des 1,4 calculés.

Les épreuves 12, 13 et 15 donnent des chiffres qui, vu les difficultés de mesure, semblent extrêmement concordants.

Comment expliquer ces faits? De la manière la plus simple, nous semble-t-il.

On remarquera que l'ossature métallique n'est pas, comme dans un pont de chemin de fer, entièrement libre d'obéir aux charges qui y passent. La partie supérieure du tablier est en quelque sorte englobée dans la masse de la chaussée, avec un pavage d'une grande continuité, et avec quatre files de rails de tramway continus par delà les culées. Ces éléments relient à la fois les deux tabliers aux culées, aussi bien qu'entre eux. La liaison n'a lieu que par le frottement du sable sur les tôles d'extrados, mais elle est très réelle; son effet est bien celui que les épreuves ont fait constater, et qu'on aurait pu prévoir, celui d'un puissant frottement retardataire. Il peut être vaincu, il l'est même aisément, mais il ne l'est que moyennant une légère secousse. C'est cette secousse que fait constater la série des observations.

En résumé, la discordance entre calculs et observations nous semble très suffisamment expliquée. Les flèches observées sont plutôt plus faibles que les flèches calculées. C'est en général le contraire que l'on constate dans les ponts métalliques. Nous pensons qu'on peut en conclure que la parfaite liaison de toutes les parties entre elles provenant en particulier de l'emploi d'un blindage très étendu à l'extrados, a des effets très heureux. La perfection dans l'exécution est également prouvée par la grande et régulière élasticité de l'ensemble du tablier qu'indiquent les résultats des épreuves. Enfin la disposition nouvelle adoptée pour la continuité sur pile a donné tout ce qu'on pouvait en espérer, et son fonctionnement est absolument d'accord avec les indications de la théorie. C'est ce que l'on peut attendre de mieux de la première application d'un dispositif nouveau.

CHRONIQUE

N° 310.

SOMMAIRE. — Les turbines à vapeur dans la navigation transatlantique. — Étanchéité des tiroirs de locomotives. — F. Reuleaux. — Chemin de fer du Nil à la Mer Rouge. — Le canal des Mille Tonnes. — Emploi de l'aluminothermie en métallurgie.

Les turbines à vapeur dans la navigation transatlantique. — M. J. Harvard Biles, professeur d'architecture navale à l'Université de Glasgow, a présenté à l'Association Britannique, en septembre 1905, une importante communication sur l'emploi des turbines à vapeur dans la navigation transatlantique.

L'auteur expose que, lorsqu'il a accepté de faire cette communication, il n'y avait encore en service que deux navires de la catégorie qui fait l'objet de son étude. On lui avait procuré des renseignements très complets, mais la mise en train des navires a été plus longue qu'on ne pensait et les difficultés inséparables d'une innovation aussi considérable ont exigé beaucoup de temps pour être surmontées; d'ailleurs, les résultats ont été un peu inférieurs à ce qu'on attendait et, dès lors, il n'y a pas d'intérêt à les publier, mais ils n'en justifient pas moins complètement l'application de la turbine aux paquebots faisant un service transatlantique et aussi l'appréciation de M. Parsons qui considérait la turbine comme le moteur futur de tout navire à grande vitesse, depuis le plus petit type de torpilleur jusqu'au gigantesque *levrier de l'Océan*.

Cette année l'Amirauté anglaise a commandé un appareil moteur à turbine pour un navire de guerre du type le plus puissant et il est bien possible qu'on voie prochainement la fin de l'emploi de la machine alternative pour cette classe de navires. Ce sera la plus grande révolution dans la marine qui se soit vue et, en tout cas, la plus grande qui se soit opérée dans aussi court espace de temps.

Le premier navire à turbine construit pour un service régulier est le *King Edward*, construit en 1901, lors de l'accession au trône du roi Édouard VII. Il fut suivi du navire semblable, le *Queen Alexandra*, fait pour le même service; puis vinrent les paquebots *Queen*, *Invicta*, *Onward*, pour la ligne de Calais, *Brighton* et *Dieppe* pour celle de Newhaven, *Princess Maud* pour celle de Stranraer, *Londonderry* et *Manxman* pour le service entre Heysham et Belfast et divers autres qui ont été mis en marche avec succès dans les quatre années qui ont suivi la construction du *King Edward*. La marine anglaise a fait construire dans la même période les contre-torpilleurs *Viper*, *Cobra* et *Eden* et le croiseur de troisième classe *Amethyst*. D'antre part, les États-Unis ont mis dernièrement en construction des éclaireurs rapides munis de moteurs à turbine, la marine française a un contre-torpilleur et l'Allemagne un navire de guerre avec un appareil moteur de ce genre, de sorte que l'application de la turbine à tous les types de services rapides est entrée

dans le domaine de la pratique, ce qui fournira un terrain solide pour l'étude complète de l'utilisation comparée des deux genres de moteurs.

Avant d'aborder la question de la navigation transatlantique, il est bon de donner quelques indications sur le rendement de la turbine d'après les résultats obtenus jusqu'ici. M. James Denny, un des constructeurs du *King Edward*, a donné les résultats obtenus avec ce paquebot et avec le navire à roues qu'il était destiné à remplacer. On a obtenu un avantage de 20 0/0. Sur ce chiffre, 5 0/0 doivent être attribués au moindre poids de l'appareil moteur et 15 0/0 à son rendement supérieur. Le capitaine Williamson considère que les consommations de combustible des deux navires sont dans le rapport de 1 à 1,32. Il faut dire que la différence du propulseur vicie la comparaison à l'avantage de la turbine.

Les contre-torpilleurs *Cobra* et *Viper* ont donné des vitesses de 36 nœuds contre 31 pour les autres navires de la même classe et des mêmes dimensions munis de machines alternatives. Les paquebots du service de la Manche ont fourni une excellente occasion de développer le nouveau système parce qu'ils marchent d'une manière constante et régulière sous un contrôle facile à établir et à maintenir. Ce service a fourni deux séries de résultats comparatifs : d'abord ceux du *Queen* et de trois autres paquebots avec machines alternatives, ensuite ceux du *Londonderry* et du *Manxman*.

Le tableau ci-dessous donne les premiers.

	DIMENSIONS	CHARBON par cheval-heure	PAR PASSAGER TRANSPORTÉ				VITESSE
			charbon brûlé	personnel de la machine	graissage	personnel des soutes à charbon	
	m	kg					
Queen.	97 × 13	1,00	1,00	1,00	1,00	1.00	21.0
B	97,5 × 10,5	1.43	1,74	2,03	2,97	1,80	18,0
C	84 × 10,5	1,25	1,25	1,47	2,47	1,34	18,5
D	94 × 10,8	1.9	2,07	1,73	2,69	2,06	17,5

La première colonne du tableau donne le rendement mécanique; on voit que le bénéfice obtenu est dans le rapport de 5 à 4. Les utilisations relatives mécaniques et commerciales combinées sont données dans les autres colonnes et les résultats sont très frappants. Le gain total n'est pas dû à la turbine, car le *Queen* est disposé d'une manière plus favorable pour le transport des passagers, mais la différence de ce chef ne peut être considérable. Les chiffres produits ont été fournis par le capitaine Dixon, directeur du service maritime du South Eastern et du London Chatham and Dover.

Les résultats de service obtenus avec le *Londonderry* et le *Manxman* sont tout aussi intéressants. Ces deux paquebots sont exactement semblables à l'*Antrim* et au *Donegal* qui font le même service et ont des ma-

chines alternatives. Le *Londonderry* a des moteurs à turbine de puissance calculée pour donner la même vitesse que les autres. Ces moteurs pèsent moins et cette réduction de poids amène une diminution dans le déplacement et la résistance de la coque qui fait qu'il faut moins de travail pour réaliser la même vitesse.

Le moteur à turbine coûte moins d'acquisition et de service, c'est le principe de sa supériorité en même temps que son poids moindre. Sur le *Londonderry*, on a employé une pression de 10,5 kg au lieu de 14 kg comme sur les autres; les chaudières étant semblables en nombre et en dimensions, il en est résulté une diminution de poids sensible. L'autre paquebot, le *Manxman*, a la pression de 14 kg, mais le moteur a une puissance supérieure; on a cherché à réaliser le maximum de puissance et, dans l'autre cas, le minimum de poids. Le résultat, pour le premier, a été un gain de trois quarts de nœud, ce qui, en admettant une utilisation égale des autres paquebots, représente 14 0/0 d'augmentation de puissance en tenant compte de l'accroissement de déplacement dû au poids plus grand.

Il n'est guère facile d'apprécier quelle est la part de ce bénéfice due au moteur à turbines, parce que les propulseurs étaient différents d'un navire à l'autre.

Mais les observations relatives à la dépense de vapeur font voir qu'à la vitesse maxima de 22 nœuds du *Londonderry*, le moins rapide des navires comparés, le travail relatif est plus grand alors que la résistance est moindre; la différence de l'utilisation combinée de la turbine et du propulseur ressort ainsi à au moins 12 0/0 en faveur du *Manxman*, le plus rapide des deux paquebots. Si ce bénéfice était maintenu dans toutes les phases de puissance jusqu'au maximum réalisable sur le *Manxman*, il y aurait seulement un accroissement net du travail développé par les turbines de moins de 2 0/0. Il est très difficile de dire si l'utilisation resterait la même dans ces conditions; il reste donc quelque doute relativement à l'effet utile comparatif des grandes turbines avec des pressions élevées, bien qu'il semble probable qu'on puisse sans grande erreur leur attribuer un léger avantage de 2 0/0 environ. Quant à la valeur comparative des appareils moteurs combinés avec les propulseurs, on peut admettre qu'à la vitesse de 20 nœuds, elle peut s'exprimer par les chiffres suivants : *Antrim* 97, *Londonderry* 100 et *Manxman* 111. (*A suivre.*)

Étanchéité des tiroirs de locomotives. — Il a été fait aux États-Unis quelques essais sur l'étanchéité des tiroirs de locomotives. Les publications de la Master Mechanics Association donnent quelques renseignements à ce sujet.

Sur le Norfolk and Western Railway, on a, pour les tiroirs cylindriques, employé la méthode suivante : le tiroir étant placé à sa position moyenne, on faisait un joint étanche sur chaque extrémité du tiroir, de manière à prévenir toute fuite par ces extrémités, le tiroir ayant l'introduction par le milieu. La vapeur qui pouvait passer entre les parois du tiroir et celles de sa boite devait nécessairement se rendre aux deux extrémités du cylindre. On avait disposé sur les robinets de

purge de ces extrémités des tuyaux qui venaient aboutir dans des réservoirs d'eau où la vapeur provenant des fuites de tiroir allait se condenser. Dans certains cas, on disposait sur les deux extrémités du cylindre des manomètres à mercure pour mesurer la pression produite par les fuites de vapeur.

On faisait les essais avec le tiroir dans trois positions : 1° au milieu de la course; 2° à 15 mm du milieu d'un côté et 3° 15 mm du milieu de l'autre côté. On n'a pas trouvé de différence sensible d'une position à une autre.

Au Lake Shore and Michigan Southern, on a employé une méthode un peu différente. Le tiroir étant préparé comme précédemment, on lui donnait pendant l'essai un déplacement d'environ 25 mm par la manœuvre du levier de changement de marche; la vapeur qui passait au cylindre était, comme ci-dessus, condensée dans des réservoirs d'eau froide.

Au Norfolk and Western, on a fait aussi des essais analogues sur des tiroirs plans équilibrés par des compensateurs rectangulaires. On mesurait les fuites par les faces du tiroir et aussi par les barrettes du compensateur.

On a constaté sur cette ligne qu'un tiroir cylindrique en bon état d'entretien laisse passer de 112 à 180 kg de vapeur à l'heure. La plus forte fuite qu'on ait constatée s'élevait à 246 kg par heure, le tiroir ayant une durée de service correspondant à un parcours de la machine de 21 000 km. Sur le Lake Shore, la plus faible fuite qu'on ait relevée sur des tiroirs plans était de 158 kg; le tiroir était un bon état et après un parcours de 28 000 km.

Les essais faits jusqu'ici ne donnent de supériorité à aucun des deux systèmes, tiroirs plans ou tiroirs cylindriques au point de vue de l'étanchéité. Les meilleurs de ces derniers ont donné une fuite de 122 kg à l'heure et les meilleurs des autres 150 kg; la différence est à peu près insignifiante; toutefois, il semble plus facile de maintenir les tiroirs cylindriques en bon état d'entretien.

Un correspondant de l'*American Engineer and Railroad Journal* envoie à cette publication quelques indications sur des expériences analogues faites en Allemagne. Avec un tiroir cylindrique sans segments, on aurait trouvé des pertes s'élevant à 1 500 kg de vapeur, alors qu'un tiroir avec segments n'a jamais donné de fuites dépassant 200 kg.

Avec le premier tiroir, la perte représenterait 20 0/0 de la production de vapeur de la locomotive. Il est probable que ce tiroir sans segments était en mauvais état ou mal disposé; mais si les tiroirs à segments fonctionnent bien avec la vapeur surchauffée, il y a là un enseignement pour les Ingénieurs américains qui craignent d'employer ces tiroirs dans ces conditions.

F. Reuleaux. — Il nous parait convenable de consacrer ici quelques lignes à la mémoire d'un homme qui a joué un rôle important dans l'enseignement de la construction des machines et dont les écrits ont eu une influence considérable sur les progrès de cette branche de l'art de l'ingénieur.

Nous voulons parler du professeur Franz Reuleaux qui est mort à Charlottenbourg, le 20 août dernier, à l'âge de soixante-seize ans, des suites d'une congestion au cerveau. Il était né en 1829, à Eschweiler, dans la Prusse Rhénane, où son père dirigeait un établissement de construction de machines fondé par lui et qui était un des plus anciens de l'Allemagne.

Le futur professeur suivit les cours de l'École polytechnique de Carlsruhe, où Redtenbacher enseignait alors la construction des machines, puis ceux des universités de Berlin et de Bonn. Après l'achèvement de ses études, il fit un court stage dans l'industrie et, en 1856, à l'âge de vingt-sept ans, il entra, comme professeur de construction de machines, à l'École polytechnique de Zürich qui venait de se fonder et dans le personnel de laquelle figuraient déjà Culmann et Zeuner. Reuleaux y professa jusqu'en 1864 et passa de là à l'École industrielle de Berlin, dont il devint directeur quelques années après. Il fut professeur à l'École technique supérieure de Charlottenbourg, de 1890 à 1896, époque à laquelle il prit sa retraite.

Reuleaux est universellement connu par ses ouvrages dont le premier, le *Constructeur*, date de 1861 et eut un immense succès dû, principalement, à l'emploi de la méthode si féconde des rapports pour la détermination des divers organes des machines, et à celui de la graphostatique, récemment constituée en corps de doctrine par Culmann, et enseignée par lui à Zürich. Cet ouvrage a été traduit en français, en anglais, en italien, en suédois et en russe. La traduction française est due, comme on sait, à M. Debize ainsi que celle d'un autre ouvrage du même auteur, la *Cinématique*, qui eut également un succès considérable. A la veille de sa mort, Reuleaux travaillait à une nouvelle édition du *Constructeur*.

En dehors du professorat, Reuleaux avait eu à remplir de nombreuses missions ; il avait été, notamment, commissaire général de l'Allemagne à l'Exposition de Philadelphie, en 1876, et c'est à cette occasion qu'il formula sa célèbre appréciation sur les produits de l'industrie allemande : *billig und hässlich*, bon marché et laid, qui fit tant de bruit à l'époque et lui fut durement reprochée dans certains milieux. Il remplit les mêmes fonctions à Chicago en 1893 et put constater que l'avertissement qu'il avait donné sous une forme un peu rude avait porté ses fruits et rendu en réalité un immense service aux fabricants allemands.

Chemin de fer du Nil à la Mer Rouge. — Un correspondant de l'*Engineer* envoie à ce journal quelques renseignements sur une voie de communication par rail, en cours de construction, pour relier le Nil à la Mer Rouge.

Le prix élevé des transports en provenance ou à destination du Soudan par la voie Alexandrie-Assouan-Ouadi-Alfa a fait sentir la nécessité d'établir une ligne de chemin de fer partant du Nil à un point voisin de Berber et aboutissant au Nil près de Souakim, ce qui aurait l'énorme avantage de réduire de 1 570 km la distance entre Kartoum et la mer. Cette ligne, bien qu'on la désigne généralement sous le nom de chemin de fer de Berber à Souakim, ne part cependant pas de Berber,

mais du confluent de la rivière Atbara qui se trouve à 32 km au sud de Berber; de là, elle va rejoindre Port-Soudan, qui est à 48 km au nord de Souakim. Ce port a été choisi pour terminus de la ligne à cause de la supériorité qu'il présente au point de vue de la navigation, on y a déjà établi des quais et des bassins qui attendent l'achèvement du chemin de fer.

Le tracé entre Souakim et Berber était inacceptable pour diverses raisons; aussi, après une étude sur le terrain, on adopta le tracé par Khor Okmat, Khor Adit, Khor Baramey, Khor Arab et Khor Nudi. Le point culminant de la ligne se trouve près de Sinkat, à 143 km de Port-Soudan, où elle s'élève à 921 m au-dessus du niveau de la mer.

La longueur totale entre Atbara et Port-Soudan est de 502 km.

On a adopté l'écartement de 1,067 m; la plus forte déclivité entre Port-Soudan et Sinkat est de 10 0/00 et, entre Sinkat et Atbara, de 8 0/00; le rayon minimum des courbes est de 291 m. Les rails sont à patin, du poids de 37,5 kg le mètre entre Port-Soudan et Sinkat et de 25 kg entre Sinkat et Atbara. Les traverses sont en bois de Jarrah jusqu'à 80 km de Port-Soudan et dans les autres parties en acier. Les joints comportent une éclisse droite et une éclisse cornière; les rails sont fixés par des crampons aux traverses en bois sans interposition de selles, et par des clavettes aux traverses métalliques. Les changements de voie sont à enclenchement et liaison aux signaux.

La partie qui comporte le plus de terrassements est celle entre Port-Soudan et Sinkat, où on rencontre également un certain nombre de ponts parmi lesquels quarante-deux travées de 33,50 m, et trente-neuf de 16,75 m, plus quatre-vingt-quinze ponts de 4,50 m et cent soixante de 1,50 m; tous ces ponts ont des tabliers en acier et sont portés sur des piles et culées en maçonnerie.

Pour la pose de la voie, la main-d'œuvre provient en grande partie du Soudan; les ouvriers travaillent aux chemins de fer soudanais depuis 1896. Pour les terrassements, on se sert d'Arabes des districts voisins du Nil, entre Kartoum et Assouan. On a essayé d'employer des Bedouins nomades des régions montagneuses des environs de Souakim, mais on n'en a pas obtenu de travail régulier et on a dû les remplacer.

On avait à l'origine cherché à commencer les travaux par l'extrémité de la ligne du côté d'Atbara, mais le manque d'eau de ce côté et le prix élevé du transport du matériel par le Nil, comparé au coût par voie de mer, jusqu'à Souakim, n'a pas permis de continuer ce mode d'opérer.

On a commencé les travaux à Souakim, en août 1904, mais à cause du mauvais rendement de la main-d'œuvre des Arabes nomades, il a été fait pendant les premiers mois très peu d'ouvrage. On a repris l'avancement en octobre 1904 et on avait terminé 274 km de ligne au 1er juin de cette année. On pose actuellement 1 350 m de voie par jour, mais, comme il faut tenir compte de la saison des pluies et du mois du Bairam pendant lequel les Mahométans ne travaillent guère à cause du jeûne absolu qu'ils observent pendant la journée entière, on n'espère pas achever la pose des rails avant mars 1906.

Les ponts ne seront pas achevés pour cette date, parce qu'il y aura, nécessairement, quelques dégâts dans les terrassements par suite des

pluies de novembre et décembre de cette année. Si, ce qui arrive quelquefois, ces pluies n'étaient pas abondantes, on pourrait terminer la pose de la voie un ou deux mois plus tôt.

Le matériel roulant de la ligne se compose de douze locomotives lourdes pour le service entre Port-Soudan et Sinkat, de quinze locomotives légères pour desservir la partie de Sinkat à Atbara, et de trois locomotives de manœuvre ; il y a quatre-vingt-dix wagons couverts de 25 t de capacité, qu'on emploiera provisoirement sans côtés ni toit, soixante-huit wagons à bords hauts de même capacité, dix-huit fourgons, douze wagons à bestiaux, six voitures-salons, six voitures d'inspection, tous ces véhicules sont portés sur deux bogies. Le matériel roulant comprend encore : deux grues sur wagons de 10 t, douze wagons de 5 t, et six wagons à bestiaux, les uns et les autres à quatre roues. Une partie de ce matériel sert pendant la construction. Le frein employé est le frein à vide automatique.

Nous lisons, en corrigeant les épreuves de cette note, que le 25 octobre, un train a pu parcourir la ligne entière, du Nil à la Mer Rouge et atteindre Souakim, mais à faible vitesse, divers ouvrages ayant besoin d'être renforcés pour l'exploitation courante.

Le canal des Mille Tonnes. — Nous trouvons dans les *Annales des Travaux publics de Belgique*, l'intéressante notice qui suit sur une œuvre considérable projetée aux Etats-Unis.

La lutte des transports et les sacrifices effectués en vue d'obtenir la supériorité maritime sont peut-être plus intenses par de là l'océan que sur le continent européen.

New-York et sa prospérité ont éveillé la jalousie de maints concurrents. En 1900, le tonnage des navires entrés en provenance ou sortis à destination de l'étranger, a été de 16 020 290 tx, dont le septième environ sous pavillon américain. La valeur des marchandises importées a été de 2 922 413 000 f, celle des produits exportés de 3 155 271 000 f, soit en tout plus de 6 milliards de francs à l'entrée et à la sortie. Les recettes de la douane ont atteint 702 136 000 f. Il est arrivé dans la même année 371 700 émigrants.

Et cependant, en 1900, la part de New-York dans le commerce extérieur de l'Union était tombée de 55 à 42 0/0, chute relativement importante et rapide. Pour le coton, Galveston et la Nouvelle-Orléans, pour les grains, Baltimore et Newport-News ont pris une grande importance au détriment de New-York.

C'est en vue de remédier à cette situation qu'on va creuser le nouveau canal dit des Mille Tonnes, qui remplacera le canal de l'Érié, et c'est pour le même motif qu'au prix des plus lourds sacrifices on améliore sans cesse les accès du port et ses installations.

La nouvelle entrée du port de New-York, dite l'*Ambroes Channel*, est creusée à 12,20 m sous le niveau de basse mer, et coûtera 120 millions de francs. Le nouveau canal de l'Érié est évalué à 510 millions de francs, enfin les nouvelles formes de radoub et les nouveaux appontements vaudront, une fois achevés, plus de 60 millions de francs, de telle manière que New-York va faire une dépense de près de 700 mil-

lions de francs pour maintenir son outillage à la hauteur des besoins maritimes et des nécessités du trafic intérieur.

Ce ne sont pas seulement, en effet, les ports de Galveston, la Nouvelle-Orléans, Baltimore et Newport-News qui s'outillent et entrent sérieusement en lice, mais il y a, d'autre part, les ports du Canada, Montréal et Québec. qui font des efforts considérables pour attirer vers eux la clientèle indéfinie et presque inépuisable des grands lacs en même temps que le trafic maritime européen.

Disons quelques mots des conditions de la lutte. Montréal est de 315 milles plus rapproché de Liverpool que New-York. En prévision de son développement futur, Montréal s'équipe pour le trafic interocéanique. La profondeur minima du Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, est de 27,5 pieds ; on est en train de draguer le port lui-même et le chenal d'accès à la profondeur de 50 pieds.

Les nouveaux bassins de l'Est sont outillés pour le transbordement facile de la batellerie du Saint-Laurent sur les grands vapeurs d'Europe. On édifie en même temps de vastes entrepôts et des élévateurs à grains.

De Duluth, port situé à l'extrémité occidentale du lac Supérieur, on aménage une voie d'eau de 2 000 km d'étendue, qui aura 4,30 m de profondeur minima. Cette voie, que l'on espère voir achever pour 1907, aura 6 m de mouillage entre la « baie de Georgia » au nord du lac Huron et Montreal. Elle suit la vallée de la « Rivière française » entre la baie de Georgia et le lac Nipissing, près la vallée de la rivière Ottawa. Cette nouvelle voie va détrôner entièrement celle qui va du lac Supérieur à Montréal par le Welland Canal. Elle sera d'un tiers plus courte, elle aura donc un millier de kilomètres en moins que la voie de Duluth à New York. Telle est l'arme économique étonnamment puissante que le Canada, si actif et si entreprenant, va utiliser dans la lutte pour le transport des produits des grands lacs.

L'enjeu est d'ailleurs considérable, car tout le monde sait avec quelle rapidité étonnante croît le trafic de ces régions incomparables, vrai grenier d'abondance de l'Amérique et de l'Europe, fournissant des quantités prodigieuses de grain et de bétail et renommé entre tous pour la richesse de ses minerais, de ses couches de houille, de ses forêts immenses et de ses bois d'œuvre de toute nature.

New-York comprend bien le péril dont il est menacé, aussi compte-t-il recourir à des mesures de salut. Entre ce grand port et les lacs, il n'existe aujourd'hui qu'une seule voie d'eau, le canal de l'Érié. Ce vieux canal, dont la construction remonte à un demi-siècle, n'a que 7 pieds de mouillage et ne peut livrer passage qu'à des bateaux de 30 m de longueur de 5,50 m de large, tirant 1,80 m d'eau et d'une charge de 250 t. Il lutte chaque jour avec plus de difficultés contre le chemin de fer qui a baissé ses tarifs à l'extrême et n'hésite pas, partout en Amérique, a concurrencer les canaux pour les marchandises lourdes. Les chemins de fer se sont concertés avec les compagnies de vapeurs opérant sur les lacs et les fleuves, pour détourner le fret du canal. Ils sont arrivés ainsi, pour des transports nombreux, à des tarifs atteignant à peine 15 millimes.

Le canal de l'Érié ne peut donc plus tenir contre le rail et n'a plus aucune chance de trafic sérieux. Un remède radical s'impose donc.

Deux projets ont été élaborés pour l'établissement de canaux maritimes permettant le passage des navires entre New-York et les lacs : l'un par le lac Champlain, préconisé par une Commission nommée en 1896, par le Président Cleveland, et le second par l'Oswego auquel la Commission nommée en 1901 par Mac Kinley, a donné la préférence.

Ni l'un ni l'autre de ces projets n'ont obtenu l'assentiment de l'État et de la ville de New-York qui semble tenir au transbordement obligé des marchandises le long de ses quais.

Au lieu d'un canal maritime, on a finalement opté pour un canal de chalands à grande section, dit Canal des Mille Tonnes; les électeurs de l'État de New-York se sont prononcés pour le canal et les moyens financiers d'exécution, à une majorité de 250 000 voix. Cette décision doit être encore ratifiée par le Gouvernement des États-Unis.

Est-ce bien là une solution définitive ? New-York, en faisant opposition à un canal maritime qui permettrait aux navires de mer d'aller des lacs en Europe sans transbordement, n'agit-il pas comme Liverpool qui s'opposait au canal de Manchester, Saint-Nazaire au canal de Nantes et le Havre à l'amélioration de la Seine jusqu'à Rouen ?

Le canal des Mille Tonnes aura-t-il la puissance de conjurer les effets du canal canadien vers Ottawa et Montréal, plus court et plus profond ? Le chaland, même de 1 000 t, pourra-t-il lutter de bon marché avec le navire de mer ? Vraisemblablement non, et, de ce côté, Montréal aura l'avance. On estime que le chaland de 1 000 t peut transporter, avec profit, du fret à 0,003 f par tonne kilométrique.

New-York, d'autre part, aura contre lui la plus longue distance sur terre et sur mer, mais ses avantages, éminemment précieux, sont la sécurité de son port, sa nombreuse et puissante clientèle, son climat qui met l'entrée des docks à l'abri des glaces alors que Montréal est inaccessible pendant de longs mois d'hiver. De nombreux facteurs entrent aussi en ligne de compte et l'expérience dira de quel côté doit pencher la balance. En tout cas, l'idée du canal de Mille Tonnes est très en faveur à New-York.

Le mouillage de la nouvelle voie n'est que de 12 pieds, ses écluses sont simples en général, et projetées à 100 m de longueur sur 8,50 m de largeur.

Le canal prend naissance à Troy, suit l'Hudson canalisé jusqu'à Waterford, de là, par une nouvelle route, il atteint la vallée de Mohawk, en amont de Cohoes, suit ce dernier cours d'eau canalisé jusqu'à Little Falls, puis l'ancien canal Érié jusqu'à Herkimer, de nouveau le Mohawk jusqu'à quelques kilomètres à l'est de Rome, d'où il atteint le lac Oneida et la rivière du même nom. Il emprunte alors l'Oswego jusqu'au déversoir du lac Onondaga, la rivière Seneca et le canal actuel de l'Erié jusqu'aux environs de Rochester pour se terminer enfin, après la traversée de Genese, à Buffalo, dans le lac Érié.

Le vieux canal sera conservé de Towanda Creek à Buffalo, pour servir de rigole d'alimentation. Le nouveau canal Oswego, affluent de même section que le tronc principal, partira du confluent des rivières

Oswego-Seneca et Oneida droit au nord, pour atteindre le lac Ontario; une troisième branche, le canal Champlain, commencera à Waterford, remontera l'Hudson canalisé jusqu'à Fort Edward pour atteindre le lac Champlain près de Whitehall. Rappelons que le canal des Mille Tonnes doit avoir 21,35 m de largeur en plafond et 3,65 de mouillage.

Emploi de l'aluminothermie en métallurgie. — Nous avons indiqué dans la Chronique d'avril 1903, page 620, l'emploi de la thermite pour les réparations des pièces de machines. Nous croyons qu'on trouvera avec intérêt les exemples suivants de l'emploi de cette matière en métallurgie; nous les trouvons dans l'*Iron and Coal Trades Review*.

L'usage de la thermite pour l'obtention de moulages de fer et d'acier parfaitement sains offre un très grand intérêt pour les métallurgistes. On sait que cette matière est un mélange d'aluminium en poudre et d'oxyde de fer ou tout autre oxyde dont on se propose d'extraire le métal; elle possède la propriété suivante : si on l'enflamme à un endroit, la combustion se propage dans toute la masse et amène certains résultats tels que :

1° Il se produit une température très élevée;

2° Le métal contenu dans l'oxyde est amené à l'état liquide;

3° L'aluminium en brûlant par l'effet de l'oxygène de l'oxyde métallique se transforme en alumine fondu à l'état de corindon artificiel.

Une des qualités les plus remarquables de la thermite est qu'elle brûle sans le concours d'aucun gaz étranger et qu'elle ne produit pas de gaz par sa combustion. C'est cette dernière propriété qui la rend d'une valeur très sérieuse pour la fonderie où on s'en sert pour obtenir des moulages exempts de soufflures.

La thermite additionnée d'une faible proportion d'oxyde de titane, ce qui constitue ce qu'on appelle la titane-thermite, est employée pour obtenir des pièces coulées parfaitement saines. Cette matière est livrée en boites de différentes capacités, suivant la quantité de métal à traiter. Ces boites en métal, de forme cylindrique, portent une tige centrale en fer dépassant le fond de la boite de 10 à 15 cm et tenue en place par un bout de fil de fer enroulé plusieurs fois autour de la tige. On introduit la boite dans le métal contenu dans la poche dès que celle-ci est remplie au four de fusion et on la maintient au fond jusqu'à ce que la réaction qui se produit immédiatement soit achevée, ce qui est aisé à reconnaitre, parce que la réaction produit une forte ébullition avec échappement de gaz et projection d'oxyde en fusion: cette agitation a l'avantage de distribuer le titane dans toute la masse du métal fondu. L'effet du titane est de fixer de petites proportions d'azote, d'accroitre la fluidité du métal et de donner à celui-ci un grain plus fin. Il ne semble pas qu'il se produise une augmentation de température, car la proportion de thermite introduite ne dépasse pas un dixième à un quart pour cent du poids du métal contenu dans la poche.

La réaction qui se produit a aussi pour effet de réduire la proportion de soufre présent, ce qui est indiqué par un grand nombre d'analyses effectuées et dont voici deux exemples :

	Fonte avant traitement.	Fonte après traitement.
N° 1.	—	—
Manganèse.	0,36	0,30
Soufre.	0,19	0,09
N° 2.		
Manganèse.	0,66	0,64
Soufre.	0,09	0,07

Des essais de résistance ont aussi fait constater un accroissement très sensible dans la charge de rupture après traitement du métal en fusion par la titane thermite, ce qui s'explique par la nature plus saine du métal.

Pour la coulée de petites pièces où la quantité de métal ne dépasse pas 250 kg, on ne met pas la thermite dans des boites, on se contente d'envelopper la poudre dans du papier et de mettre le paquet au fond de la poche avant de remplir celle-ci. Dans ce cas, la quantité de matière ne doit pas être inférieure à 0,225 kg pour des quantités de métal allant jusqu'à 100 kg et à 0,450 kg jusqu'à 250 kg; on doit remplir rapidement la poche pour que la réaction se fasse sur la totalité du métal. Après traitement, celui-ci, lorsqu'on le coule de la poche, a une couleur légèrement plus claire. Ce procédé est applicable aussi bien à la fonte qu'à l'acier; pour ce dernier, il est inutile d'ajouter de la poudre propre à faciliter l'inflammation, parce que la température du métal est assez élevée pour déterminer la réaction. Il doit être entendu que l'emploi de la thermite n'a pas pour objet de faire négliger les précautions ordinairement en usage pour obtenir des moulages sains, mais pour leur venir en aide et permettre au fondeur de venir à bout de difficultés accidentelles et imprévues.

Pour qu'on obtienne les meilleurs résultats avec cette matière, il faut que la boite qui la contient soit bien fixée à la tige de fer et que celle-ci en dépassant le fond empêche celui-ci de venir en contact avec le fond de la poche. On doit chauffer la boite et la tige avant de les plonger dans le métal et il faut maintenir le tout immergé tant que dure la réaction.

Lorsqu'on agit sur de fortes quantités de métal fondu, la tige tend à se courber et la boite à émerger; on empêche cet effet en donnant au tout un mouvement partiel de rotation. Quand la réaction est terminée, on retire la tige, on enlève les scories qui surmontent le bain et on fait la coulée comme d'habitude.

La thermite, sans addition de titane, est aussi d'un bon usage pour des moulages compliqués pour rendre le métal plus fluide. On emploie la matière comme il a été expliqué ci-dessus, ou bien, comme on le fait maintenant d'une manière générale en Angleterre, on la met dans du papier au fond de la poche avant le remplissage de celle-ci. La réaction réchauffe le métal fondu, le rend plus fluide et donne de meilleurs moulages.

On peut réparer avec la thermite les moulages contenant des soufflures ou fendus par le retrait. A cet effet, on chauffe la thermite dans un

creuset spécial à fond plat, on l'enflamme et on ajoute de la matière dès que la combustion se produit. Lorsqu'une quantité suffisante est soumise à la réaction, on enlève rapidement les scories qui recouvrent le métal en fusion et on coule celui-ci dans les trous des soufflures lesquels doivent avoir au préalable été nettoyés à fond et chauffés à un degré que la main ne puisse pas supporter. La température de la thermite en fusion est assez élevée pour ramollir les parois des cavités et amener une parfaite adhérence entre ces parois et le métal ajouté.

Pour le remplissage de grosses cavités, on emploie une autre méthode où on se sert d'un creuset muni au fond d'un trou de coulée; ce creuset doit contenir le double de la quantité de métal nécessaire pour remplir la cavité; l'orifice de celle-ci est entouré d'un moule bien sec; le creuset est placé sur un trépied au-dessus de la cavité. On enflamme le mélange et, dès que la réaction s'est produite, on coule le métal directement dans la cavité à remplir. On a soin de marteler le métal coulé pendant qu'il est chaud.

Lorsqu'on est très pressé d'avoir de petites pièces en acier coulé, la thermite offre une ressource très précieuse en ce qu'elle permet de se passer de l'attirail d'une fonderie.

On ajoute à la poudre environ 25 0/0 de tournure de fer ou d'acier ou de débouchures de tôles, on allume le mélange placé dans un creuset avec trou de coulée au fond; on peut aussi se servir d'un creuset à fond plat et couler le métal fondu à la manière ordinaire après avoir enlevé les scories qui recouvrent le bain.

On emploie encore avec succès le mélange pour la fabrication des gros lingots dans le but d'empêcher la production de cavités centrales. Pour cette application, on procède comme il est expliqué plus haut avec les boites pleines de matière et munies d'une tige en fer; la boite est introduite alors que le lingot commence à se solidifier après enlèvement de la partie supérieure; la réaction se produit immédiatement et le métal qui était en train de se solidifier se ramollit et remplit les cavités déjà formées au dépens du métal de la partie supérieure qu'on remplace par une nouvelle quantité d'acier tenu en réserve à cet effet. Cette méthode est très simple et très efficace; il ne faut pas plus de 9 kg de thermite pour un lingot de 15 t, c'est donc peu coûteux.

Nous profiterons de ce que nous sommes sur le chapitre de la thermite pour indiquer une application qui parait devoir se répandre aux États-Unis, c'est l'emploi de cette matière pour la réparation des longerons de locomotives. On peut faire une soudure à un longeron cassé sans démonter la machine et l'immobiliser pendant un temps toujours assez long.

Ce nouveau procédé a été introduit récemment aux ateliers de Boulton du Richmond, Fredericksburg and Potomac R. R., et y a parfaitement réussi, aussi bien pour des châssis en fer que pour des châssis en acier coulé.

Le longeron, à l'endroit de la fracture, avait une section de 0,126 $\times$ 0,100 m. Cette fracture se trouvait au-dessus de l'évidement destiné à recevoir la boite à huile de l'essieu. Après avoir enlevé l'essieu et le ressort correspondant, pour faciliter l'approche de la partie cassée, on

rapprocha les deux parties séparées par la cassure et on tailla un intervalle de 20 mm d'épaisseur entre les deux morceaux.

On chauffa les extrémités avec un brûleur à gaz pour enlever la graisse et la poussière et on établit autour de la partie du longeron ainsi préparée un moule en sable en six parties maintenues dans une caisse en bois. Ce moule laissait un intervalle de 25 mm autour de la partie brisée du longeron. La coulée de la thermite demanda environ une minute. Dès que le métal fut suffisamment refroidi, on enleva le moule et on constata par un mesurage que la longueur primitive du longeron n'avait pas varié. Cette pièce resta en service plusieurs mois et éprouva une nouvelle rupture, mais à 1,50 m environ de la partie réparée. Cette opération a été répétée plusieurs fois et jamais les machines n'ont été immobilisées plus de deux jours. Il est bon d'ajouter à la thermite 10 0/0 de petites débouchures de tôle d'acier.

Au Boston and Albany R. R., on a réparé cinq longerons cassés, tous avec succès; un d'eux s'est brisé de nouveau, mais à 0,10 m de la première cassure. On cite aussi des réparations de pièces en fonte, notamment des plateaux de cylindres et un corps de presse hydraulique à caler les roues soumise à une pression intérieure de 60 t par pouce carré.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1905.

Les dénivellations de la voie et les oscillations du matériel de chemins de fer par M. Georges Marié, Ingénieur, chef de division de la Compagnie P.-L.-M., en retraite; 1re partie.

Nous avons déjà rendu compte de divers travaux de notre collègue, M. G. Marié, relatifs aux oscillations des véhicules de chemins de fer et notamment des locomotives. Dans cette communication beaucoup plus développée, l'auteur étudie les oscillations des véhicules sur leurs ressorts par suite des dénivellations périodiques de la voie (la période ayant la longueur d'un rail) puis les diverses autres oscillations du matériel.

Dans la première partie de ce travail qui est seule donnée ici, M. Marié fait d'abord l'étude des oscillations d'un poids sur ressorts sans frottements reposant sur une roue qui circule sur une voie ayant un abaissement suivi d'un relèvement puis celle des oscillations d'un poids sur ressort avec frottements, reposant sur une roue circulant sur une voie ayant un abaissement suivi d'un relèvement. Après avoir cherché la condition générale de convergence des oscillations et donné quelques considérations sur la détermination du frottement relatif des ressorts à lames, la note fait quelques applications pratiques et fait voir que, dans l'immense majorité des cas, on a un coefficient de sécurité de 3,5 pour garantir le véhicule contre les oscillations divergentes.

L'auteur réserve pour un second mémoire ses conclusions définitives, mais on peut déjà déduire des considérations exposées ici que :

1° On doit employer une voie aussi rigide que possible ; cependant il ne faudrait pas lui donner une dureté telle qu'il put en résulter des ruptures de bandages ou de rails au passage des joints;

2° On doit employer, pour tous les véhicules, des ressorts assez flexibles et ayant en même temps un frottement relatif assez élevé pour que la condition de convergence soit réalisée;

3° Si la condition de convergence est réalisée, le véhicule n'aura pas d'oscillations divergentes verticales, quelle que soit la vitesse. Nous rappelons ici que la condition de convergence se définit ainsi : les oscillations sont convergentes si la hauteur h de la dénivellation de la voie est inférieure au produit de deux fois le frottement proportionnel f du ressort par la flèche a du ressort prise sous la charge statique P.

Le laboratoire d'électricité de l'Ecole nationale supérieure des Mines, par H. Roberjot, Chef des Travaux pratiques d'Électricité à l'Ecole des Mines.

Ce laboratoire, installé en 1902, comprend deux laboratoires de me-

sures électriques, une salle de photométrie et une salle d'essais de machines.

Le premier, destiné aux élèves des cours préparatoires et de deuxième année, sert aux essais de résistance, de différence de potentiel, d'intensité, etc.

Le second, dont l'installation n'est pas encore terminée, recevra des dispositifs permettant d'effectuer les mesures de résistivité des métaux, de résistance d'isolants, résistance de dissolution, forces électromotrices. les étalonnements d'appareils de mesures, voltmètres, ampèremètres, wattmètres. compteurs, etc.

La salle de photométrie possède un photomètre à contraste Lammer et Brodhen et divers étalons.

La note se termine par le programme des travaux pratiques d'électricité des cours préparatoires et des deux années de cours.

Paroles prononcées à l'occasion de la mort de M. **Alfred Potier**; Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut, par M. L. Troost, Président de l'Académie des Sciences.

Note sur **le district cuprifère de Wallaroo** (Australie du Sud) pas M. L. Gasmel, Ingénieur civil des Mines.

Ce district est exploité depuis 1861 ; sa production annuelle dépasse 6 000 t de métal. Il comprend deux centres d'extraction correspondant à deux gisements distincts, éloignés l'un de l'autre d'une quinzaine de kilomètres. La note entre, pour ces deux gisements, celui de Moonta et celui de Wallaroo, dans des détails circonstanciés sur le climat, le sous-sol, la nature des gisements, l'exploitation l'organisation du travail et le traitement. En 1893, l'usine de Wallaroo a donné 708 t de cuivre pur à un prix de revient total, frais de fusion compris, de 692,90 f la tonne.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1902 et 1903 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Aout 1905.

District de Paris.

Réunion du 15 juin 1905.

Communication de M. Ratel sur un nouveau mode de **disposition des ateliers de préparation mécanique du minerai.**

L'auteur a remarqué que beaucoup d'installations mécaniques faites récemment présentent le double inconvénient d'un prix d'établissement extraordinairement élevé et d'une corrélation tellement intime dans leur disposition de détails, que l'arrêt ou l'entrave momentanée d'un seul

rouage de leur horlogerie entraîne nécessairement la paralysie de l'ensemble. La présente communication a pour objet d'indiquer un remède à cet état de choses; à cet effet, elle étudie successivement les trois branches de l'installation : le broyage, le trommelage et le lavage, et entre dans des détails circonstanciés sur ces diverses opérations.

Communication de M. Lodin sur des documents nouveaux concernant **l'influence de la dessiccation du vent sur l'allure des hauts fourneaux.**

Dans une communication précédente, l'auteur avait indiqué que, dans son opinion, les résultats un peu extraordinaires à première vue. obtenus par M. Gayley par la dessiccation du vent avant l'admission aux souffleries, devaient être attribués surtout à une atténuation du refroidissement développé, dans la zone des tuyères, par la décomposition de l'humidité atmosphérique.

Une récente communication de M. Gayley à l'Iron and Steel Institute ne donne pas les détails nécessaires pour contrôler cette explication, mais l'analyse des tableaux donnés dans cette communication permet de présumer que le minerai devait primitivement arriver incomplètement réduit dans l'ouvrage et que sa réduction s'achevait par l'action du carbone solide, avec formation exclusive d'oxyde de carbone. On comprend, dès lors, qu'une augmentation de la durée du séjour des charges dans l'intérieur du fourneau était de nature à atténuer cet inconvénient et devait réduire la consommation de coke par tonne de fonte. C'est là ce qui a dû se passer et la réduction du soufflage de 111 tours de machine pour le vent normal à 96 pour le vent desséché a contribué, dans une certaine mesure au moins, à l'économie obtenue.

Communication de M. Deschamps sur **un gazogène à fût d'acier.**

M. Deschamps a créé un nouveau type de gazogène caractérisé par l'absence de réfractaires dans les parties de la paroi où se fait la combustion et où la température est élevée. A cet effet, il se sert d'une chemise en acier coulé, refroidie par un bain d'eau et disposée comme une véritable chaudière dont la vapeur est entraînée par l'air dans la masse du combustible. Ces gazogènes conviennent surtout pour l'emploi des déchets de coke ou pour les fours métallurgiques et ceux, en général, où il convient de marcher en allure chaude.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord du 1er semestre 1905 comparée au semestre correspondant de 1904.

Le bassin du Pas-de-Calais a produit dans le premier semestre de 1905, un total de 8 558 000 t, en augmentation de 486 000 t sur le semestre correspondant de 1904. Les mines de Lens figurent dans ce chiffre pour 1 589 000 t, celles de Courrières pour 1 192 000 t, celles de Bruay pour 1 600 000 t, et celles de Béthune pour 858 000, soit, à elles quatre, pour 3 941 000 t, ou les 55 0/0 de la production totale du bassin.

Le bassin du Nord a produit 3 277 000 t, soit 152 000 de plus que dans la période correspondante de l'année précédente. Les mines d'Anzin ont

produit 1 602 000 t, soit la moitié du total à elles seules; après viennent de loin Aniche pour 800 000 et l'Escarpelle pour 405 000. Les autres mines ne figurent que pour de faibles chiffres relativement.

Les mines du Pas-de-Calais ont fait, dans la même période, 864 000 t de coke et 208 000 t d'agglomérés et celles du Nord 360 000 t de coke et 262 000 d'agglomérés, soit ensemble 460 000 t de coke et 456 000 d'agglomérés.

Production houillère de la Loire du 1er semestre de 1905 comparée au semestre correspondant de 1904.

La Loire a produit, dans le 1er semestre de 1805, un total 1 836 000 t de houille soit 109 000 de plus que dans le 1er semestre de 1904. En premier rang viennent les mines de Roche-la-Molière et Firminy avec 415 000 t, les mines de la Loire avec 386 000, et Montrambert et la Béraudière avec 303 000; ces dernières sont suivies de près par Saint-Etienne avec 270 000. La production de coke a été de 46 500 et celle des agglomérés de 100 000 t; pour ces derniers, il y a eu une diminution de 12 000 t par rapport au semestre correspondant de l'année précédente.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 33. — *19 août 1905.*

Déperdition par les armatures, dans les machines électriques, par Bruno Loewenberg et A. H. van der Hoop.

Méthode pour prévenir la formation de cavités dans les gros lingots d'acier, par F. O. Beikirch.

Expériences de consommation de vapeur, faites sur une machine de la distribution d'Augsbourg, par J. Kramper *(fin)*.

Bilan théorique du four rotatif à cuire les ciments, par C. Naske.

Le rendement organique et le travail indiqué des moteurs à gaz, par A. Langen.

Groupe de Francfort. — Recherches microscopiques sur les métaux.

Groupe de Hanovre. — Installation pour l'économie du combustible dans les générateurs.

Groupe de la Ruhr. — Production de vapeur par les gaz des hauts fourneaux.

Groupe du Bas-Weser. — Le planimètre.

Bibliographie. — Théorie et pratique du contrôle du chauffage, par G. A. Schuttze. — Étude et construction des moteurs à combustion intérieure, par H. Guldner.

Revue. — Moto-cyclette à quatre cylindres, par A. Heller.

N° 34. — *26 août 1905.*

Installation électrique de Hambourg, par M. Rupprecht.

Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à piston, par O. Berner *(suite)*.

Les câbles sous-marins, par H. Hildebrandt.

Méthode pour prévenir la formation de cavités dans les gros lingots d'acier, par R. M. Daelen.

Le calorimètre de Junker, par J. C. Breinl.

Groupe de Chemnitz. — Situation de l'industrie en Italie.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Le développement de l'industrie allemande des constructions navales.

Revue. — R. M. Daelen. — Locomotives à distribution par soupapes. — Les turbines à vapeur aux États-Unis. — Emploi du fer dans la construction des wagons à voyageurs.

N° 35. — *2 septembre 1905.*

Les machines motrices les plus remarquables à l'Exposition de Liége, en 1905, par H. Dubbel.

Recherches physico-chimiques sur la combustion dans les moteurs à gaz, par W. Nernst.

Exposition universelle de Saint-Louis. — Le matériel de chemin de fer, par Fr. Gutbrod *(suite)*.

Équilibration des machines à quatre cylindres, par Mollier.

Nouveaux laminoirs universels, par Fr. Frölich.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — État actuel de l'épuration des eaux des villes.

Groupe de Hambourg. - Fabrication des courroies en cuir.

Revue. — Cage pour cylindres de laminoirs de la fabrique de machines de Duisburg.

N° 36. — *9 septembre 1905.*

Exposition universelle de Liége en 1905. — Les machines-outils, par P. Möller.

Installations électriques de Hambourg, par M. Rupprecht *(suite)*.

Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à piston, par O. Berner *(suite)*.

Utilité de la connaissance des questions de droit.

Groupe de Hanovre. — Emploi du coke de gaz.

Notice nécrologique sur F. Reuleaux, par W. Hartmann.

Revue. — Projecteur électrique pour locomotives. — Emploi de l'air desséché pour les hauts fourneaux. — L'industrie électrochimique aux chutes du Niagara.

N° 37. — *16 septembre 1905.*

Les vibrations dans les navires à vapeur, par O. Schlick.
La construction des machines-outils en Allemagne, par Fr. Ruppert *(suite)*.
Installations électriques à Hambourg, par M. Rupprecht *(suite)*.
Recherches sur les pertes de chaleur par suite de la combustion incomplète, par P. Fuchs.
Moteur monophasé pour chemins de fer de la Compagnie Westinghouse, par Cl. Feldmann.
Emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à piston, par O. Berner *(fin)*.

Groupe de Carlsruhe. — Définition du travail indiqué dans les moteurs à gaz.

Groupe de la Lenne. — Grues et appareils de levage.

Groupe de Siegen. — Calcul des barrages.

Bibliographie. — Réglage de la combustion dans les moteurs à combustion intérieure, par C. Weldmann. — Principes de sidérologie, par le baron de Jupfner.

Revue. — Formation du pétrole, par W. Kaemmerer. — Voyage d'études en Danemark, Suède et Norvège de l'Ecole technique supérieure d'Aix-la-Chapelle.

N° 38. — *23 septembre 1905.*

Voitures automobiles pour chemins de fer, par A. Heller.
Progrès dans la question des transports électriques de force, par Fr. Eichberg.
Recherche de l'huile minérale, près de Wietz (Hanovre), par W. Kaemmerer.
Les vibrations des navires à vapeur, par O. Schlick *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Rendement des moteurs à gaz.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Le pont de Manhattan, à New-York.

Bibliographie. — Principes des essais du fer et de l'acier employés pour les chaudières à vapeur. — Bases du calcul des matières employées pour les chaudières. — Le béton armé et son emploi dans la construction, par P. Christophe.

Revue. — Essais du croiseur cuirassé anglais *Roxburgh*, par Fr. Schlœter. — Développement de la construction des ponts aux États-Unis. — Construction du canal de Teltow.

N° 39. — *30 septembre 1905.*

Distribution de vapeur par cames, par W. Hartmann.
Grue flottante de 60 t. construite par la fabrique de machines de Duisburg, par W. Pickersgill.

Exposition universelle de Saint-Louis. — Le matériel de chemin de fer, par Fr. Gutbrod *(suite)*.

Règles de Wurtzbourg et de Hambourg, pour la construction des chaudières à vapeur, par O. Knaudt.

Groupe de Dresde. — La construction des machines en Amérique.

Groupe de Cologne. — Les moteurs à gaz pour la navigation maritime.

Groupe du Schleswig-Holstein. — Transport de force entre Rastorf et Kiel.

Bibliographie. — Développement de l'industrie houillère dans les provinces du Rhin et la Westphalie pendant la seconde moitié du XIXe siècle.

Revue. — Automobiles pour service militaire. — Installation hydro-électrique de l'Université de Cornell. — Explosions de chaudières dans l'Empire allemand, en 1904. — Nouveau bâtiment de l'Office impérial des patentes, à Berlin.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et dans les aciers (1).

Le développement de jour en jour plus considérable des applications auxquelles se prêtent les différents métaux, les résultats remarquables obtenus, ont naturellement porté l'attention sur leurs qualités respectives, ainsi que sur les modifications qu'elles pouvaient subir du fait de certains traitements et aussi de certaines conditions extérieures.

Depuis longtemps déjà les matériaux entrant dans la construction des machines des édifices ou des ouvrages d'art, et surtout le fer et l'acier, étaient soumis à certains essais destinés à s'assurer de leurs qualités.

Sommaires jusqu'au milieu du siècle dernier, ces essais ont joué un rôle important dans l'industrie de la seconde moitié de ce siècle. On était arrivé à pratiquer couramment dans l'industrie des essais de traction, de compression, de choc, de pliage, de recuit, de trempe, etc., et qui paraissaient suffisants pour déterminer la qualité du métal et donner toute sécurité dans son emploi.

Cependant, depuis une vingtaine d'années, des mécomptes donnés par des fers et aciers ayant présenté d'excellents résultats aux essais ont conduit à penser que les garanties données par ces essais étaient quelquefois insuffisantes et que sous certaines influences mal connues ou complètement inconnues, le métal pouvait se trouver profondément modifié et donner des résultats tout différents de ceux auxquels on était en droit de s'attendre.

C'est à la suite de l'étude de ces cas spéciaux qu'est apparue la première notion de la fragilité des métaux, c'est-à-dire de la propriété qu'ils ont, dans certains cas et sous certaines conditions, de se briser sans déformation importante et sans travail résistant considérable.

La fragilité a été l'objet de travaux étendus et très intéressants dus, pour la plupart à des Ingénieurs français. Malheureusement ces travaux sont disséminés dans diverses publications qu'il est quelquefois difficile de se procurer et, malgré leur importance au point de vue pratique, ne sont-ils pas aussi connus qu'ils mériteraient de l'être.

C'est pour remédier à cette situation que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale les a réunis dans un volume, édité avec le concours des Compagnies de Chemins de fer, qui donne tous les renseignements aujourd'hui connus sur la question de la fragilité des fers et aciers, et aussi accessoirement des autres métaux.

Les mémoires ainsi publiés sont dus à MM. Ast. Auscher, Barba, Brinell, Brustlein, Charpy, André et Henri Le Chatelier, Considère,

(1) In-4°, 285 × 230 de xvi-482 p. avec fig. Paris, Siège de la Société, 1904. Prix broché : 20 f.

Fain, de Fremiuville, Fremont, Godron, Guillery, Huillier, Leblant, Mesnager, Osmond, Ridsdale, Wanderheym et Wahlberg et traitent de la fragilité dans des conditions différentes.

Ces travaux présentent au point de vue de la pratique de l'Ingénieur un intérêt considérable en raison du grand nombre de renseignements qu'ils contiennent. Ils seront consultés avec fruit par tous ceux qui s'intéressent à la métallurgie, mais surtout par ceux à qui leurs occupations industrielles ne laissent pas le temps et ne donnent pas les moyens d'exécuter des expériences toujours délicates et souvent longues et coûteuses.

Les Ingénieurs y trouveront des renseignements très intéressants et très précieux sur l'influence des traitements thermiques sur les qualités du fer et de l'acier et leur permettront de modifier certaines pratiques qui, très rationnelles, ne sont pas toujours exécutées dans les ateliers de manière à donner de bons résultats.

Ils pourront aussi mieux se rendre compte des modifications qui peuvent être apportées au métal par l'intensité, la durée, la fréquence desefforts et des chocs, la température, la composition chimique.

Enfin, ces travaux leur montreront dans quel sens doivent être poussés les essais pour une application donnée. A la vérité, les diverses méthodes d'essais sont encore discutées et on n'est pas encore arrivé à l'unité de doctrine nécessaire pour obtenir des résultats pratiques et comparatifs, mais on peut entrevoir le moment où il en sera ainsi, et où tous les renseignements apportés journellement par l'industrie, obtenus suivant une même méthode permettront d'arriver à des résultats certains.

C'est donc un réel service que rend aux Ingénieurs la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, et nous ne saurions trop engager les Ingénieurs soucieux des responsabilités qu'ils ont, à consulter très attentivement les mémoires, si intéressants et si nombreux, réunis dans ce volume.

G. H.

Tachymètre enregistreur, par M. A. Audebrand, Ingénieur, chef d'escadron d'artillerie en retraite (1).

L'appareil inventé par l'auteur et décrit dans cette brochure, se compose essentiellement d'un disque, garni d'une feuille de papier qui tourne avec le rotor et d'un style guidé verticalement et entraîné par un grave, dont on peut modifier, suivant les circonstances, le point de chute.

La courbe tracée, sur le papier qui recouvre le disque, permet, d'abord, d'apprécier, avec rigueur, la vitesse de rotation du rotor, même si elle est considérable, et, si l'on compare graphiquement cette courbe à celle tracée par points et tangentes, qui correspond à une vitesse moyenne constante du rotor, de noter les singularités de la vitesse réelle.

Le commandant Audebrand examine, avec grand soin, les différentes

(1) In-8°, 235 × 150 de 87 p. avec 28 fig. Paris, H. Desforges. Prix broché, 3 f.

causes d'erreurs, en faisant usage du calcul des probabilités. Il montre les conditions dans lesquelles on peut se placer pour les réduire au minimum et obtenir une grande précision, d'un appareil très simple et très robuste.

J. Deschamps.

IVe SECTION

L'état actuel de l'électro-métallurgie du fer et de l'acier (Textes français et anglais), par M. Em. Guarini, Professeur à l'Ecole des Ingénieurs et à l'École des Arts et Métiers de Lima (Pérou) (1).

M. Guarini, le savant professeur de Lima, qui s'est consacré à l'étude des applications de l'électricité à l'art de l'Ingénieur, vient de publier, sur l'état actuel de l'électro-métallurgie du fer et de l'acier, une étude résumée que nous avons tenu à signaler, car elle sera lue avec un vif intérêt par les Ingénieurs métallurgistes qui ne sont pas encore bien familiarisés avec les questions d'application de l'électricité au travail de préparation du fer et de l'acier,

Ils y trouveront, en effet, clairement résumés les principaux renseignements qu'il leur est utile de connaître sur ces procédés nouveaux qui paraissent appelés, dans certains cas tout au moins, à lutter avec avantage contre la métallurgie au charbon telle que nous la connaissons.

L'auteur répartit les fours électriques, usités actuellement, en trois grandes classes distinctes : les fours à arc, les fours à résistance et les fours à induction ; il résume brièvement les caractéristiques de chacun de ces types et en signale en même temps les avantages et inconvénients.

Les fours à arc qui avaient été essayés d'abord par Siemens et Moissan ont reçu depuis lors divers perfectionnements dus à M. Stassano, qui en a fait des appareils industriels ayant pu marcher sans incident pendant une période de temps assez longue, d'une année par exemple : l'auteur décrit, en particulier, le four à sole tournante qui paraît appelé à donner des résultats remarquables.

Les systèmes fondés sur l'application des résistances électriques sont ceux qui ont été les plus étudiés, et ils comportent, en effet, les principaux appareils ayant déjà fait leurs preuves dans la pratique, comme ceux de M. Héroult, le savant Ingénieur de la Société de Froges, de M. Keller, etc.

L'auteur mentionne, enfin, le système à induction qui lui paraît fournir la meilleure solution théorique de l'application de l'électricité, celle qui doit comporter les rendements les plus avantageux.

On sait que, dans ce cas, la masse du four elle-même est utilisée comme secondaire d'une bobine d'induction, ce qui permet de supprimer les électrodes et présente, en outre, l'avantage d'empêcher tout

(1) In-8°, 240 × 155, de 44 pages avec 36 figures. Paris, Vve Ch. Dunod. Prix : broché, 1 fr. 25.

contact entre les gaz résultant de la combustion et le bain d'acier dont ils altèrent ainsi la qualité.

L'auteur cite, comme exemple, le four Kjellin qui est installé à Gysinge, en Suède.

Il termine, enfin, en abordant la question économique et citant quelques prix de revient que nous reproduisons simplement à titre d'indication, car nous manquons de renseignements suffisants pour les contrôler; nous observerons, du reste, que ces prix dépendent, avant tout, des conditions locales, lesquelles sont essentiellement variables.

Les expériences de M. Stassano auraient établi, dit-il, que l'application de l'électro-métallurgie devient avantageuse toutes les fois que le prix de revient de trois chevaux-heure électriques sera inférieur au prix d'un kilogramme de charbon.

M. Harmet, l'Ingénieur distingué des Aciéries de Saint-Étienne, estime qu'en admettant 0,01 f pour le coût de 1 000 calories, on peut arriver à fixer à 29,24 f le prix de traitement d'une tonne d'acier, et on appréciera combien ce chiffre est réduit en songeant qu'il est généralement dépassé dans le four Martin-Siemens par la seule dépense de combustible.

Ces chiffres se préciseront mieux lorsque l'application des nouveaux procédés d'électro-métallurgie se sera généralisée, et surtout lorsque les usines qui les appliquent consentiront à donner des renseignements plus détaillés sur les conditions de leur marche normale; mais les Ingénieurs métallurgistes ne sauraient se dissimuler que les méthodes de traitement par l'électricité méritent bien leur sérieuse attention, car elles sont appelées, sans doute, à provoquer une transformation profonde dans la sidérurgie, spécialement en ce qui concerne l'obtention des aciers de qualité.

L. Baclé.

Étude sur les sources. — *Hydraulique des nappes aquifères et des sources et applications pratiques*, par M. Léon Pochet, Inspecteur général général des Ponts et Chaussées, Inspecteur général de l'hydraulique agricole (1).

Une étude sur les sources et les eaux souterraines présente toujours de l'intérêt, car nos connaissances sur le sujet sont encore très limitées.

L'abbé Paramelle (2), le premier, a exposé les principes rationnels pour la recherche des sources et substitué à l'empirisme des *sourciers* des règles basées sur les conditions géologiques du sol.

D'autres comme Degousée (3) et plus tard Daubrée (4) ont défini avec précision les circonstances qui accompagnent la formation des sources et des cours d'eau.

M. Pochet a voulu rattacher la science des sources à l'hydraulique et

(1) In-8°, 265 × 175 de 527 p. avec atlas même format de 81 pl. Paris, Imprimerie nationale, 1905.

(2) L'abbé Paramelle : *L'art de découvrir les sources*. Paris, 1856.

(3) J. Degousée : *Guide du sondeur*. Paris, 1847.

(4) A. Daubrée : *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*, etc. Paris, 1887.

soumettre à l'analyse la circulation des eaux souterraines dans le but d'en appliquer les formules au régime des eaux, à leur débit et à leur captage.

La tâche est ardue, car le point de départ doit être basé sur des hypothèses nombreuses et parfois hasardées. Il faut admettre d'abord l'homogénéité des terrains à travers lesquels circulent les *couches* ou, en conservant l'expression défectueuse de M. Pochet, les *nappes* aquifères; s'il s'agit d'eaux artésiennes, il faut les assimiler à des eaux coulant dans un tuyau ouvert aux deux extrémités et le remplissant complètement, etc.

Il ne convient pas cependant de trop critiquer ces prémisses, car si l'induction qui doit conduire aux généralisations pèche quelque peu par la base, il n'en est pas moins certain que l'analyse peut suggérer des rapports étroits entre la théorie et les faits et fournir des déductions intéressantes.

M. Pochet estime que les terrains à structure arénacée sont les seuls qui soient particulièrement favorables à l'application des lois de l'hydraulique, surtout lorsqu'il s'agit de sables homogènes. C'est donc à ce cas spécial qu'il applique la théorie en faisant observer que « les résultats obtenus pour ces terrains paraissent devoir être plus ou moins » applicables aux terrains fissurés, toutes les fois que les lois du mouvement des eaux ne sont pas contrariées dans ces derniers par l'effet » de fissures trop larges et trop nombreuses. »

Cette généralisation paraît quelque peu hâtive, car il n'y a pas que les fissures qui soient en jeu; il faut encore tenir compte des variations de structure, de porosité, de déclivité, etc., de sorte que les niveaux de drainage sont à chaque instant modifiés dans un sens ou dans l'autre et souvent même sans mesure.

Mais quoi qu'il en soit, la tentative de M. Pochet est des plus louables, puisque l'analyse est indispensable pour édifier les lois de l'hydrologie souterraine et conduire à la solution des importants problèmes qu'elle présente.

Son point de départ est l'application du théorème de Dupuit :

Dans un terrain perméable, la perte de charge d'un filet liquide est proportionnelle à la vitesse.

avec les formules qui en résultent :

$$u = \frac{\sin i}{\mu}, \qquad q = mu,$$

dans lesquelles :

u, est la vitesse moyenne d'un filet liquide;

i, l'inclinaison du fond du canal d'écoulement;

μ, constante qui exprime la résistance du terrain au mouvement de l'eau;

q, débit par tranche de 1 m de largeur;

m, rapport du vide au plein dans une section normale au courant.

Pour des angles très petits, on substitue tg i à sin i, et l'on a :

$$u = \frac{1}{\mu}\frac{dy}{dx}, \qquad q = \frac{m}{\mu}\, y\frac{dy}{dx}.$$

Ces formules conduisent à des calculs très compliqués, voire même insolubles, mais en les simplifiant, et en supposant que les pressions se transmettent sur la verticale, suivant la loi hydrostatique, et que la vitesse des filets liquides est la même tout le long de cette verticale, M. Pochet arrive à établir des formules générales du mouvement dans les couches aquifères souterraines.

Puis il fait l'application de ces formules aux nappes d'affleurement, aux nappes de thalwegs régulières, aux galeries de captage, aux puits de captage et enfin aux puits ordinaires des couches phréatiques.

Nous ne saurions suivre M. Pochet dans toutes les étapes de son savant traité; nous n'en retiendrons que ses conclusions relatives aux puits ordinaires et qui sont :

1° Le débit d'un puits ordinaire est proportionnel au débit de la source du versant auquel il appartient, au rapport de sa dépression à la hauteur totale de la nappe en ce point, à son rayon d'appel dans la section transversale et à un coefficient A qui représente l'influence de sa position;

2° Le coefficient A varie de 1 à 2 quand le puits passe du point de profondeur maxima de la nappe au point de source. Il diminue beaucoup à mesure que le puits se rapproche du faite et d'autant plus que la pente hydraulique de la nappe est plus forte.

Ce qui peut se résumer ainsi :

Toutes choses égales, d'ailleurs, les puits ordinaires établis le long d'une nappe débitent d'autant plus qu'ils sont placés plus bas, et la différence est d'autant plus considérable que la pente hydraulique est plus accentuée.

La seconde partie de l'ouvrage traite de l'application de la théorie aux captages les plus connus (Eaux de Rennes, de Bruxelles, de Liége, de la Vanne, de Bordeaux, d'Auxerre, etc.); c'est une véritable étude critique de ces divers travaux avec les enseignements qu'ils comportent.

En somme, on peut discuter le procédé d'induction mathématique de M. Pochet et les généralisations qu'il en tire; mais il n'en est pas moins certain qu'il a apporté de précieux éléments à la création d'une science nouvelle, *l'hydraulique souterraine*, et soumis à l'analyse ce qui naguère encore n'était qu'empirisme ou résultat de déductions approximatives.

P. Chalon.

Ve SECTION

La Martinique et la Guadeloupe (1). *Notes de voyage*, par M. Émile Légier.

Après la description géographique et géologique de nos possessions des Antilles, l'auteur, ancien directeur de sucreries, traite avec beaucoup de soin la question économique : organisation des banques, main-d'œuvre, etc.; puis la question technique : culture des cannes et fabrication du sucre et du rhum.

(1) In-8°, 245 × 160, de 190 pages. Paris, bureaux de la Sucrerie indigène et coloniale, 1905. Prix : broché, 6 f.

On trouvera dans ces chapitres une profusion de renseignements de toute sorte, puisés à bonne source. Les cultures secondaires : café, cacaoyer, vanillier, tabac, forment un chapitre spécial très intéressant.

Après avoir lu cet ouvrage, on est malheureusement obligé d'accepter les conclusions pessimistes de l'auteur. La maladie électorale et le fonctionnarisme à outrance ont formé une population paresseuse qui, au lieu de travailler, fait de la politique; la main-d'œuvre est exagérée et ne produit pas; les usines sont, en général, mal outillées; les voleurs de récoltes sont légion et restent impunis; l'outillage économique : chemins de fer, ports, quais, n'existe pas. Dans de telles conditions, la comparaison avec les îles voisines est loin de flatter notre amour-propre national.

H. C.

VI[e] SECTION

Leçons sur l'Électricité, professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par Eric Gérard (1).

C'est pour nous une bien agréable satisfaction d'avoir été si bon prophète en 1890, date de la première édition de cet ouvrage en prédisant, dans une lettre adressée à cette époque à l'éminent Directeur de l'Institut électrotechnique de Liége, pour le remercier de l'hommage d'un exemplaire, de nombreuses éditions à ses excellentes *Leçons sur l'Électricité.* Nous voici en 1905 à la septième, en attendant les autres.

Un pareil succès est dû non seulement à la valeur intrinsèque de l'ouvrage, mais aussi au soin scrupuleux avec lequel l'auteur a toujours su tenir son œuvre au courant des progrès actuels continuels et si rapides de l'électricité et de ses applications.

A ce dernier point de vue, nous nous contenterons de signaler ici les chapitres nouveaux ou remaniés.

Dans les chapitres consacrés à l'Electrostatique, l'auteur développe les propriétés des rayons X, des nouveaux corps radiactifs et la théorie des électrons.

L'usage des quantités *dirigées* ou *imaginaires*, préconisé en Electrotechnique par P. Steinmetz, fait l'objet d'un chapitre supplémentaire très important.

Les chapitres consacrés aux dynamos à courant continu ont été presque totalement remaniés et considérablement amplifiés.

La théorie des enroulements d'induits a été remaniée en tenant compte des travaux les plus récents, ceux d'Arend. en particulier.

Cette théorie s'est également accrue des nouveaux et récents travaux sur la réaction d'induit et la commutation du courant.

Le chapitre sur la construction des machines à courant continu a été enrichi de nouvelles données relatives aux isolants et aux artifices découverts récemment pour réduire les étincelles au collecteur. La plupart des descriptions de machines sont relatives à celles ayant figuré à l'Ex-

(1) 2 vol. in-8°, 250 × 165 de XII-882 p. avec 400 fig. et VIII-888 p. avec 432 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1904, 1905. Prix broché de chaque volume : 12 f.

position de 1900, à Paris; elles sont d'ailleurs accompagnées des principales données de construction.

Les calculs et avant-projets de dynamos ont été entièrement remaniés et modifiés de façon à les mettre en concordance avec les exigences actuelles et les données les plus récentes.

L'étude des alternateurs a été remaniée et plus amplement développée et l'auteur l'a complètement séparée de celles des autres machines.

Cette étude comprend cinq chapitres occupant ensemble une centaine de pages. A signaler tout particulièrement le chapitre III traitant du couplage des alternateurs. Enfin l'examen et les calculs d'un avant-projet d'alternateur terminent les chapitres consacrés à ce genre de machines électriques qui a pris une si grande extension dans ces dernières années.

Dans son ensemble l'ouvrage de l'éminent Directeur de l'Institut Electrotechnique de Montefiore, constitue maintenant un véritable traité à la fois scientifique et pratique de la technique électrique actuelle, qui a sa place tout indiquée dans la bibliothèque de l'Ingénieur.

R. Arnoux.

Construction des induits à courant continu. *Manuel du Bobinier*, par F. Brunswick et Aliamet (1).

Les auteurs qui, dans un autre volume de l'Encyclopédie ont traité des *Enroulements d'induits à courant continu*, envisagent, dans ce livre, la question des enroulements au point de vue pratique. Le sous-titre de l'ouvrage, « Manuel pratique du Bobinier », en indique le véritable objet. C'est un livre vécu à l'atelier et destiné à servir de guide à ceux qui désirent connaître et entreprendre des travaux de bobinage.

Les piles à gaz et les accumulateurs légers, par A. Berthier (2).

Dans le premier volume, l'auteur donne la description des piles et accumulateurs à gaz, puis d'un très grand nombre d'accumulateurs légers au plomb et mixtes.

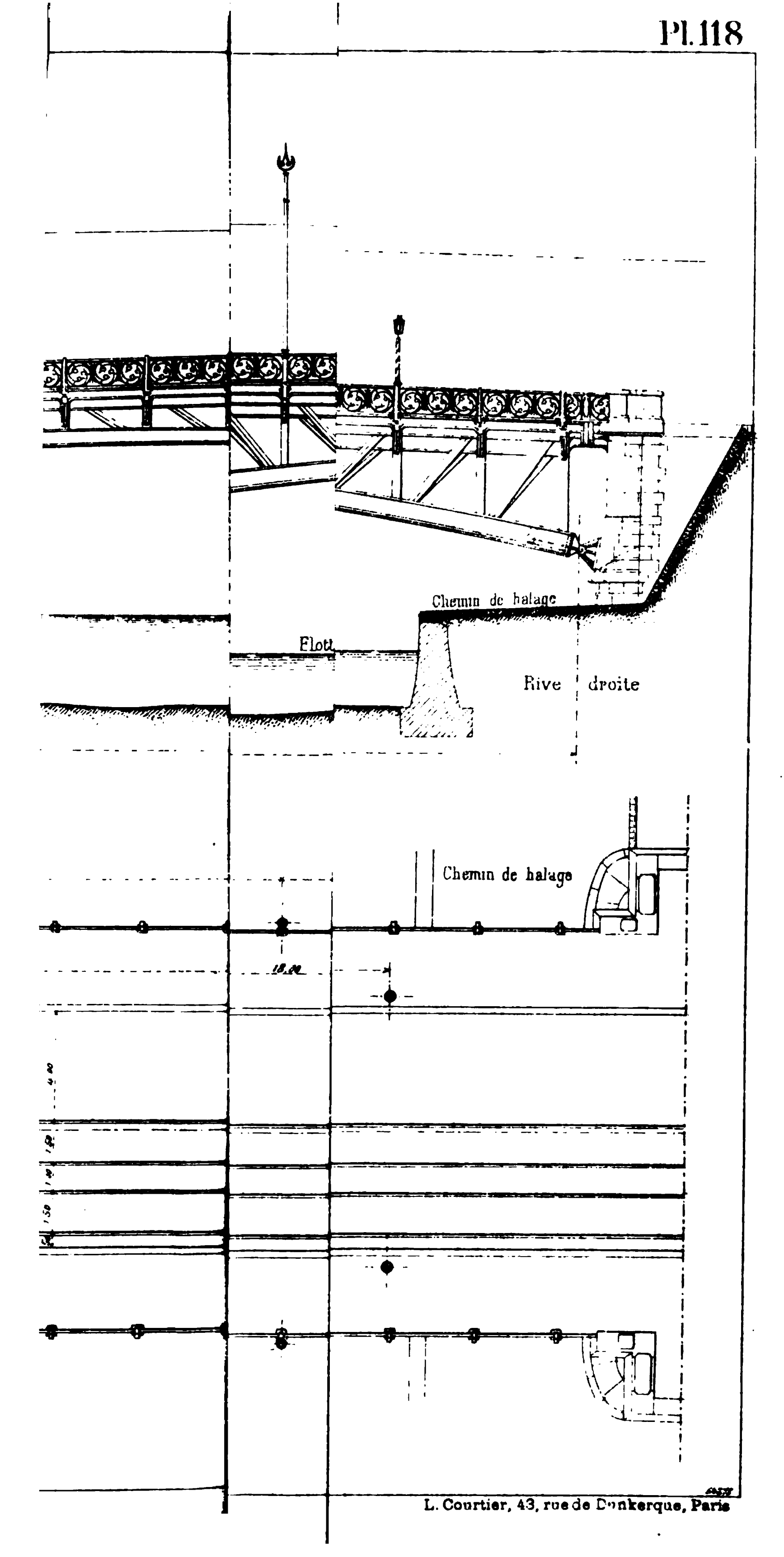
Dans le second volume il décrit les accumulateurs légers sans plomb, classés par nature de métal constituant, puis les accumulateurs alcalins. Il termine par quelques considérations sur l'emploi des accumulateurs légers dans l'automobilisme.

(1) In-8°, 190 × 120 de 153 p. avec 53 fig. Paris, Gauthier-Villars; G. Masson, 1905 Prix : broché, 2,50 f.

(2) 2 vol. in-18, 190 × 130 de 116 p. avec 15 fig. et de 156 p. avec 36 fig. Paris, H. Desforges, 1905. Prix brochés : 1,75 f et 2,50 f; les 2 vol. 4 f.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 19498-10-05. — (Encre Lorilleux).


Pl. 118
Chemin de halage
Flott.
Rive droite
Chemin de halage
18.00
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1905

N° 11.

Ce numéro contient les Procès-verbaux des séances de Novembre et de Décembre ainsi qu'une partie des mémoires correspondants.

Le Bulletin de Décembre sera formé par la Table des matières contenues dans les Bulletins mensuels, de 1885 à 1904 inclus.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de novembre 1905, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Astronomie et Météorologie.

Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro paro o anno de 1905. Anno XXI (Ministerio da Industria Viação e Obras Publicas) (in-16, 175 × 130 de 337 p.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1905. 44161

Chemins de fer et Tramways.

AUVERT. — *Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé sur la locomotive en courant continu*, par M. Auvert (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways. N° d'octobre 1905) (in-4°, 320 × 225 de 29 p. avec 1 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1905. (Don de M. Ch. Baudry, M. de la S.). 44189

CUËNOT (G.). — *Étude sur les déformations des voies de chemins de fer et les moyens d'y remédier*, par M. Cuënot (in-8°, 230 × 150 de 219 p. avec atlas 315 × 215 de 21 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 44193 et 44194

MOTTET (H.). — *Chauffage des trains par la vapeur sur le réseau des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée*, par M. H. Mottet (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways. N° d'août 1905) (in-4°, 320 × 225 de 12 pages avec 2 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1905. (Don de M. Ch. Baudry, M. de la S.). 44188

Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners for the City of New York for the Year Ending December 31, 1904. Accompanied by Reports of the Chief Engineer and of Auditor (in-8°, 260 × 175 de 375 p. avec 33 illust. et 17 pl.). New-York, 1905. 44178

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1903. Documents divers. Première partie. Intérêt général. France, Algérie et Tunisie (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de 406 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1905. (Don du Ministère des Travaux publics.) 44198

Construction des Machines.

DIETZSCHOLD (C.). — *Die Hemmunger der Uhren, ihre Entwicklung, Konstruktion, Reparatur und Behandlung vor der Reglage*, von C. Dietzschold (in-8°, 230 × 150 de x-234 p. avec 84 fig.). Krems a Donau, Nied, Oesterr. C. Dietzschold, 1905. (Don de l'éditeur.). 44176

MATHOT (R.-E.). — *Mode de réglage. Cycles et construction de moteurs à combustion interne*. par R.-E. Mathot (Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquées. Liège, 25 juin-1er juillet 1905. Section de mécanique) (in-8°, 230 × 155 de 60 p. avec 59 fig.). Liège, Imprimerie de la Meuse, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44156

ZEUNER (Docteur G.) et KREITMANN (E.). — *Théorie des turbines. Hydraulique pratique*, par le Docteur Gustave Zeuner. Traduit de l'allemand, par E. Kreitmann (in-8°, 225 × 165 de xv-418 p. avec 80 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'éditeur.) 44190

Éclairage.

Répertoire des Industries Gaz et Électricité. Édition 1905-1906. Directeur Maurice Germain (in-18, 185 × 120 de 616 p.). Paris, Jeanmaire. 44170

Économie politique et sociale.

COLSON (C.). — *Cours d'Économie politique, professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées*, par C. Colson. *Tome troisième. Première partie. Les finances publiques et le budget de la France* (Encyclopédie des Travaux publics, fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de 440 p.). Paris, Gauthier-Villars ; Guillaumin et Cie, 1905. (Don de l'auteur.) 44183

Société de secours des amis des sciences. Compte rendu du quarante-huitième exercice. Quarante-deuxième séance publique annuelle, tenue le 6 juin 1905 au Cercle de la Librairie (in-8°, 215 × 135 de 103 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. 44155

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1904. Premier volume. Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (in-f°, 365 × 275 de 120-817 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. 44166

Électricité.

HOLZSCHUCH (J.), ROUX (G.) et SILVA (A.). — *Les applications industrielles de l'électricité en Amérique. De New-York à New-York, par l'Exposition de Saint-Louis. Rapport du Département de l'Électricité,* par Jacques Holzschuch, Gaston Roux, André Silva, Membres du Jury, Rapporteurs des Groupes 67, 68, 69, 70, 71 (in-4°, 275 × 225 de 712 p. avec illust.). Paris, Louis Theuveny, 1904. (Don de M. G. Roux, M. de la S.) 44182

KORDA (D.). — *La séparation électromagnétique et électrostatique des minerais,* par Désiré Korda (in-8°, 250 × 165 de 219 p. avec 43 fig. et 2 pl.). Paris, Édité par l'Éclairage électrique, 1905. (Don de l'éditeur.) 44157

NODON (A.). — *Les clapets électrolytiques.* Thèse de doctorat soutenue en juillet 1905 devant la Faculté des sciences de Toulouse, par Albert Nodon (in-8°, 240 × 155 de 68 p. avec 49 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod; Bordeaux, G. Delmas, 1905. (Don de Mme Vve Ch. Dunod.) 44191

POUSEEL (A.). — *Études d'économie industrielle à l'usage des usines d'électricité,* par A. Pouseel (Extrait de l'Électricien) (in-8°, 280 × 190 de 11 p. à 2 col.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 44192

ROUX (G.). — *Rapport sur le concours d'Indicateur d'état de charge d'un conducteur électrique,* par M. G. Roux (Association des Industriels de France contre les accidents du travail) (in-8°, 245 × 160 de 15 p. avec 13 fig.). Paris, Au siège de l'Association, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44181

Enseignement.

BRIAT. — *L'enseignement professionnel. Rapport de M. Briat au nom de la Commission permanente. Procès-verbaux des séances de la Commission permanente. Enquête récente sur l'enseignement professionnel en France* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du Travail) (in-4°, 270 × 215 de 159 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 44195

École spéciale d'architecture. Année 1905-1906. Séance d'ouverture du 14 octobre 1905. Présidence de M. Desplas (in-8°, 225 × 140 de 36 p.). Paris, Delalain frères. 44186

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl' Ingegneri, Annuario per l'anno scolastico 1905-1906 (in-32, 150 × 105 de 124 p.). Roma, D. Battarelli, 1905. 44171

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl' Ingegneri. Programmi d'Insegnamento per quinquennio scolastico 1905-1906 à 1909-1910. Agosto 1905 (in-32, 150 × 105 de 68 p.). Roma, D. Battarelli, 1905. 44172

Législation.

Courcelle (L.) et Dardart (E.). — *Législation des eaux*, par Louis Courcelle et E. Dardart (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 120 de VIII-952 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1905. (Don des éditeurs.) 44158

Métallurgie et Mines.

Bonvillain (Ph.) et Ronceray (E.). — *Matériel de fonderie et de moulage mécanique*, de Ph. Bonvillain et E. Ronceray (in-8°, 240 × 155 de 104 p. avec 99 fig.), 1905. Paris, Imprimerie P. Mauguin. (Don de M. E. Ronceray, M. de la S.) 44162

Comité des Forges de France. Annuaire 1905-1906 (in-8°. 220 × 140 de 556 p.). Paris, 63, Boulevard Haussmann. 44185

Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Fourteenth Session 1904-1905. Vol. XIV (in-8°, 215 × 140 de VIII-574 p.). London, E. and. F.-N. Spon. 44184

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Bulletin de l'Association technique maritime. N° 16. Session de 1905 (in-8°, 270 × 175 de LXXV-312 p. avec 6 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. 44160

Index to the Transactions of the Institution of Naval Architects. Volumes I to XLVI. 1860-1904 (in-4°, 275 × 215 de 268 p. à 2 col.). London W. C., 5. Adelphi Terrace, 1905. 44174

Quinette de Rochemont (Baron). — *Xe Congrès de Navigation. Discours prononcé à la séance d'ouverture*, par le Baron Quinette de Rochemont (in-8°, 225 × 140 de 8 p.). Milan, 25 septembre 1905, (Don de l'auteur, M. de la S.). 44179

Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Volume XXI. Twentyfirst session 1904-1905 (in-8°, 240 × 150 de XLVI-356 p. avec LXXIV pl.). Newcastle-upon-Tyne and London. Andrew Reid and Company, 1905. 44169

Physique.

MARCHIS (L.). — *Thermodynamique. II. Introduction à l'étude des machines thermiques*, par M. L. Marchis (Bibliothèque de l'Élève Ingénieur.—Physique industrielle) (in-8°, 250×165 de III-255 p. avec 16 fig.). Grenoble, A. Gratier et J. Rey; Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de M. Gauthier-Villars.) 44167

Routes.

VALLOT (H.). — *Appréciation documentaire sur quelques Cartes modernes du Massif du Mont-Blanc*, par M. Henri Vallot (Extrait du tome VII des Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc) (in-4°, 275 × 220 de 33 p. avec 4 fig.). Paris, G. Steinheil, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44165

VALLOT (H). — *État d'avancement des opérations de la Carte du Massif du Mont-Blanc, à l'échelle du 20 000e*, par M. Henri Vallot (Extrait du tome VI des Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc) (in-4°, 275 × 200 de 14 p. avec 1 carte). Paris, G. Steinheil, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44164

VALLOT (H.). — *Note sur quelques particularités de la détermination des stations topographiques par relèvement*, par M. Henri Vallot (Extrait du tome VI des Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc) (in-4°, 275 × 220 de 27 p. avec 13 fig.). Paris, G. Steinheil, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44163

Sciences mathématiques.

BOUASSE (H.). — *Essais des matériaux. Notions fondamentales relatives aux déformations élastiques et permanentes*, par H. Bouasse (Bibliothèque de l'Élève Ingénieur. — Mécanique) (in-8°, 250 × 165 de 150 p. avec 54 fig.). Grenoble, A. Gratier et J. Rey; Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de M. Gauthier-Villars.) 44168

Sciences morales. — Divers.

DARDART (E.). DUFOUR (P.) et ZRYD. — *Rapports de service*, par E. Dardart et Philippe Dufour. *Sténographie*, par Zryd (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 120 de XXVIII-717 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1905. (Don des éditeurs.) 44159

Technologie générale.

Congrès international des Mines, de la Metallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liège, 25 juin au 1er juillet 1905. Section des Mines. Tome I et Tome II. Fasc. I (2 vol. in-8°, 240 × 160 de 624 p. et de 217 p.). Liège, H. Vaillant-Carmanne, 1905. 44196 et 44197

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXI. 1904-05. Part. III (in-8°, 215 × 140 de VI-415 p. avec 8 pl.). London, Published by the Institution, 1905. 44173

NANSOUTY (M. de). — *Actualités scientifiques. Terres rares. Étoffes de bois. Les cataclysmes. La lumière de l'avenir. Télégraphie sans fil. La catalyse. Le train de l'avenir. L'homme volant. Abeilles et fleurs. Farine de lait. Odeurs et parfums. L'œil et la main. La poursuite de l'or. Le secret de fabrique. Les bactéries industrielles. 2e année* (in-8°, 205 × 130 de 365 p.). Paris, Schleicher frères, 1905. (Don de l'éditeur.) 44180

OLOF LINDERS. — *Zur Klarstellung der Begriffe Masse, Gewicht, Schwere und Kraft*, von Olof Linders (in-8°, 230 × 150 de 22 p.). Leipzig, Jäh und Schunke, 1905. (Don de l'auteur.) 44187

Répertoire général des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Publication annuelle, 1905. L'Année technique du Répertoire général de 1905 (in-8°, 270 × 185 de 558 p.). Paris, Librairie de Publications officielles. 44177

Travaux publics.

HERSENT (H.). — *Entreprises de travaux publics et maritimes. Fondations à l'air comprimé. Dragages. Dérochements. Bassins de radoub, etc. Travaux exécutés par MM. H. Hersent et ses fils. Hersent (Jean et Georges)* (in-4°, 275 × 215 de 96 p. avec 61 fig. et 1 pl.). Paris. Imprimerie Chaix, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44154

PRÉCIS (V.). — *Guide du couvreur-plombier-zingueur*, par V. Précis. Lettre-Préface de A. Thuillier. *Deuxième partie. La Plomberie* (in-18, 170 × 110 de 227 p. avec 166 fig.). Paris, Lucien Laveur. (Don de l'éditeur.) 44175

Pendant le mois de décembre 1905, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

NICOLAU (D.-JOSÉ) Y PUIG DE LA BELLACASA (D.-NARCISO). — *Las Obras de riego en Egipto*, por D.-José Nicoláu y D.-Narciso Puig de la Bellacasa (in-8°, 260 × 170 de 263 p. avec fig. et phot. dans le texte). Madrid, J.-A. Garcia, 1905. (Don de M. P. Garcia-Faria, M. de la S.) 44224

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. Nos 18 et 19. Tokyo 1904 (2 br. in-8°, 255 × 180 de 125 p. avec XXIX pl., et de IX-120-XVI p. avec 54 fig.). Tokyo, 1904. 44202 et 44203

VALLOT (J.). — *Annales de l'Observatoire météorologique, physique et glaciaire du Mont Blanc (altitude 4 350 mètres)*, publiées sous la direction de M. J. Vallot. *Tome VI* (in-4°, 270 × 220 de 216 p.). Paris, G. Steinheil, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44232

Chemins de fer et Tramways.

Annuaire Marchal des Chemins de fer et des Tramways. Publication officielle. 1905. 20e année (in-8°, 255 × 165 de 1 224-38 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. 44210

Report of Proceedings of the thirty-ninth Annual Convention of the Master Car Builders's Association held at Manhattan Beach N. Y. June 19, 20 and 21, 1905 (in-8°, 225 × 150 de 574 p. avec fig. et pl.). Chicago, Ill., Henry O. Shepard Company, 1905. 44205

SAUVAGE (E.). — *Locomotives and other rolling stock. Rolling stock in France*, by Edouard Sauvage (Transactions of the American Society of Civil Engineers. International Engineering Congress 1904. Paper N° 53) (in-8°, 230 × 150, pages 319 à 328) (Reprinted from Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. LIV. Part. D., 1905). (Don de l'auteur.) 44217

SAUVAGE (E.). — *Machines à grande puissance. Exposé N° 1*, par E. Sauvage (Congrès international des Chemins de fer. Septième session. Washington, 1905. Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer. Question V) (in-8°, 245 × 185 de 52 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch. (Don de l'auteur.) 44216

Wagons de 40 tonnes de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranee pour le transport des masses indivisibles, lourdes et encombrantes (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways. N° de septembre 1905) (in-4°, 315 × 225 de 4 p. avec 2 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de Ch. Baudry, M. de la S.). 44230

Construction des Machines.

Annuaire général de l'Automobile et des industries qui s'y rattachent. Onzième édition, 1905 (in-16, 185 × 120 de LIX-1 186 p.). Paris, F. Thevin et Ch. Henry, 1905. (Don des éditeurs.) 44234

Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur. Exercice 1904. 29e année (in-8°, 235 × 155 de 73 p.). Lyon, Imprimerie A. Storck et Cie, 1905. 44227

Associazione fra gli Utendi di Caldaie a Vapore avente sede in Milano. Rendisconto dell' esercizio del 1904. Anno quattordicesimo (in-8°, 265 × 180 de 104 p.). Milano, P.-B. Bellini, 1905. 44218

CHAMPLY (R.). — *Le Trésor du Chauffeur. Recettes et procédés utiles aux chauffeurs d'automobiles, mécaniciens et amateurs*, avec un Appendice théorique et pratique sur les magnétos et dynamos d'allumage (in-18, 190 × 130 de 215 p. avec fig. dans le texte). Paris, H. Desforges, 1905. (Don de l'éditeur). 44228

LAMBOTTE (C.). — *Instructions à l'usage des Constructeurs de moteurs à gaz et à pétrole.* Dérangements des moteurs et leurs remèdes, suivis de quelques conseils aux industriels désireux d'installer une force motrice, par Camille Lambotte (in-8°, 235 × 155 de 67 p. avec 5 fig.). Liège, Nierstrasz, 1906. (Don de l'éditeur.) 44235

RUFF (F.). — *Statique-éclair. Renseignements pour calculs statiques des machines,* par François Ruff. *Vol. II* (in-8°, 200 × 130 de 128 p. avec 109 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44201

SAUVAGE (E.). — *Épreuves des chaudières exportées,* par M. E. Sauvage (Exposition universelle de 1900. Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur. 4e question) (in-8°, 265 × 185 de 3 p.). Paris, E. Capiomont et Cie. (Don de l'auteur.) 44214

SAUVAGE (E.). — *Revue de la Construction des machines en l'an 1900,* par M. E. Sauvage (Extrait des Annales des Mines, livraisons de juin et août 1901, janvier, août et octobre 1902) (in-8°, 255 × 165 de 264 p. avec 104 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902. (Don de l'auteur.) 44215

Éclairage.

LÉVY (P.). — *L'Éclairage à incandescence par le gaz. Ses applications à l'éclairage des villes, des chemins de fer et des côtes,* par Paul Lévy (in-8°, 245 × 160 de 295 p. avec 127 fig. et 8 pl.). Paris, Publications scientifiques et économiques, 1905. (Don de l'éditeur.) 44236

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique. Vingt-quatrième volume, 1904 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 255 × 175 de XL-372-173 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1905. (Don du Ministère du Commerce.) 44233

MAX (M.). — *Du rôle de l'Ingénieur dans l'expansion industrielle mondiale,* par M. Maurice Max (Congrès international d'expansion économique mondiale. Mons, 24-28 septembre 1905. Section III. Politique économique et douanière) (in-8°, 255 × 175, pages 519 à 537). Bruxelles, Hayez, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44231

Électricité.

GRAFFIGNY (H. DE). — *L'Électricité dans l'automobile. Fonctionnement des moteurs d'automobiles. Différents systèmes d'allumage. Piles. Accumulateurs. Magnétos. Dynamos. Instruments de mesure. Appareils d'allumage. Appareils de réglage. Emplois divers* (in-18, 190 × 120 de 201 p. avec 65 fig.). Paris, H. Desforges, 1906. (Don de l'éditeur.) 44229

Métallurgie et Mines.

LAUR (F.) ET PITAVAL (R.). — *Les Mines et la Métallurgie à l'Exposition de Liège*, par F. Laur et Robert Pitaval (Les Mines et Usines au XXe siècle) (in-8°, 255 × 165 de 140-63-95 p. avec fig.). Paris, Société des Publications scientifiques et industrielles, 1905. (Don de l'éditeur.) 44212

LEMAIRE (L.). — *Les châssis à molettes employés dans les mines. Disposition et calcul*, par L. Lemaire (in-8°, 240 × 165 de 47 p. avec 4 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur.) 44213

LEVOZ (T,). — *Quelques vérités sur la mise en pratique des petits convertisseurs " Bessemer " à soufflage latéral*, par Toussaint Levoz (in-8°, 220 × 135 de 24 p.). Paris, Société des Publications scientifiques et industrielles, 1905. (Don de l'éditeur.) 44200

Périodiques divers.

Almanach Hachette. Petite Encyclopédie de la vie pratique. 1906. Édition simple (in-16, 195 × 125 de 432-LXXXIV p.). Paris. Hachette et Cie. 44207

Annuaire de la Librairie française, 1905. Douzième année (in-8°, 220 × 135 de XII-460 p.). Paris, H. Le Soudier. 44206

Sciences mathématiques.

SIBALDO ZIINO. — *Ricerche sulle variazioni delle reazioni degli appoggi in una trave staticamente determinata per vincoli esterni et soggetta a forzegiacenti nel piano della sua fibra media e variabili di posizione e di direzione* del' Ing. Sibaldo Ziino (Extratto dagli Annali della Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani. Fascicolo n. 3. Anno 1905) (in-8°, 240 × 170 de 25 p. avec 11 fig.). Roma, Stabilimento tipo-litografico del Genio Civile, 1905. (Don de l'auteur.) 44223

Sciences morales. — Divers.

VAN SANDICK (R.-A.). — *Levensbericht van Jan Frederik Willem Conrad*, door R.-A. Van Sandick (Overgedrukt uit de Levensberichten van de Maalschappij der Nederslandsche Letterkunde te Leiden, 1904-1905) (in-8°, 245 × 155 de 25 p.). Leiden. E.-J. Brill. 1905. (Don de l'auteur.) 45204

Technologie générale.

DA CUNHA (A.), DASTRE (A.). — *L'année technique 1905*, par A. Da Cunha. Préface de Albert Dastre (Extrait du Répertoire général des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Édition 1905) (in-8°, 285 × 190 de VIII-232 p. avec 106 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1905. (Don de l'éditeur.) 44221

GAUTHIER (E.). — *L'année scientifique et industrielle. Quarante-huitième année. 1904*, par Émile Gautier (in-16, 190 × 120 de 452 p. avec 91 fig.). Paris, Hachette et Cie, 1904. **44208**

PACORET (E.). — *Distributions et Canalisations. Traité général et pratique des distributions et canalisations d'électricité, d'eau, de gaz, acétylène et d'alcool, d'air comprimé, de vapeur et chauffages divers. Livre I, Électricité. Livre II, Eau. Livre III, Gaz, Acétylène et Alcool. Livre IV, Air comprimé. Livre V, Vapeur et Chauffages divers*, par E. Pacoret (5 vol. in-16, 225 × 140). Paris, J. Loubat et Cie. (Don de l'éditeur.) **44222**

Repertorium der Technischen Journal-Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1904 (in-8°, 285 × 195 de XLIX-1 648 p.). Berlin, Carl Heymanns, 1905. **44220**

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XLVII. Forty-seventh session, 1903-1904; Volume XLVIII. Forty-eighth session, 1904-1905 (2 vol. in-8°, 220 × 140 de XXXII-403 p. avec XXIII pl., et de XXXII-466 p. avec XIII pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1904, 1905. **44225 et 44226**

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et documents. 75e année. 8e série, Tome XIX. 1905. 3e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 295 p. avec planches 12 à 23). Paris, E. Bernard. **44211**

Annuaire du Ministère des Travaux publics pour l'année 1905 (in-8°, 225 × 135 de 844 p.). Paris, E. Bernard, 1905. **44209**

L'Architettura Italiana. Periodico mensile di Costruzione e di Architettura pratica. *Anno primo. Fascicolo 1°, ottobre 1905. Fascicolo 2°, novembre 1905* (2 br. in-4°, 380 × 280 de 8 p. avec 16 pl.). Torino, Crudo et Lattuada. **44219**

MANIGUET. — *Construction des usines au point de vue de l'hygiène*, par Maniguet (in-8°, 245 × 155 de VIII-342 p. avec 105 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1906. (Don de l'éditeur.) **44199**

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1905 sont :

Comme Membres Sociétaires titulaires, MM. :

P.-L. Boulant, présenté par MM. Blétry, Douane, Gueldry.
A.-J. Bourdariat, — Gallois, Bel, Dumas.
G. Claude, — Hillairet, Arnoux, Brocq.
M.-G. Duburguet, — Auderut, Lemaire, Marichal.
E.-V. Gunziger, — Groselier, Candlot, Noack-Dollfus.
J. Klopfenstein, — Pontzen, Sartiaux, Weissmann.
L. Krieger, — Loreau, de Chasseloup-Laubat, de Dax.
A.-A. Liévin, — Ed. Lippmann, Eug. Lippman, Aug. Moreau.
E.-G. Martignoni, — Leroy, Roullié, Vidal-Beaume.
A.-L.G. Mazellier, — Coiseau, Blétry, Delmas.
G. Müller, — J.-B. Hersent, Guérin de Litteau, Hubou.
A.-G.-J. Rey, — Brandon, Flicoteaux, Taillefer.
L. Strauss, — Fichet, da Silva Freire, Joanneton.
K. Valais, — Appert, Bauchère, Dardenne.

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

F.-L. Le Guen, présenté par MM. Bazaine, Cattaneo, de Dax.

Comme Membre Associé, M. :

S.-J. Barrellet, présenté par MM. Dumontant, Stucker, Pot.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de décembre 1905, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

J.-A. Bride, présenté par MM. Gallois, Beaupré, Bonvillain.
E.-A. Brillié, — H. Chevalier, Ferré, Dufresne.
A.-E. Considère, — Coiseau, Bodin, Fleury.
E.-A. Le Doyen, — Dumont, da Cunha, de Nansouty.
G.-P. Longuemare, — Loreau, de Chasseloup-Laubat. Lumet.
M. A. Prinstag, — Coiseau, Salomon, Mercier.
P.-Ch.-J. Renaud, — Coiseau, Arnoux, Leroux.
P. H. Ziegler, — Jacquin, Mauroy, L. Périssé.

Comme Membre Associé, M. :

L. Bourgeois, présenté par MM. G. Béliard. Boire, L.-P. Roux.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DES MOIS DE NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1905

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 NOVEMBRE 1905

Présidence de M. L. Coiseau, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

A.-F. Desouches, Membre de la Société depuis 1875, Constructeur de matériel pour chemins de fer;

P. Dubiau, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1868), Membre de la Société depuis 1896, Ingénieur-Directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Sud-Est;

P.-E. Gauchot, Membre de la Société depuis 1873, Ingénieur-Constructeur;

E. Gaget, Membre de la Société depuis 1861, Chevalier de la Légion d'honneur, Entrepreneur de travaux publics;

D. Vega, ancien Élève de l'École Centrale (1872), Membre de la Société depuis 1894, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Consul général du Chili en France.

M. le Président adresse aux Familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président fait connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier du Mérite agricole : M. Suss;

Grand'Croix de l'ordre royal de l'Etoile d'Anjouan : M. L. Montesino.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

M. le Président a le plaisir de faire connaître que notre Collègue, M. E. Beaupré, a fait don à notre Société, au profit du fonds de secours, d'une somme de 400 f.

M. le Président adresse à notre Collègue les chaleureux remerciements de la Société tout entière.

M. le Président fait savoir que M. Fouché lui a adressé une lettre faisant suite à la communication de M. Dumesnil et à la note de M. Arnoux sur la soudure autogène des métaux.

M. le Président dit que cette lettre sera publiée au procès-verbal.

Elle est ainsi conçue :

« Monsieur le Président,

» La discussion sur la soudure oxyacétylénique ayant été ouverte » par la communication de M. Dumesnil, à la séance du 6 octobre 1905, » et par la lettre de M. R. Arnoux, publiée au procès-verbal de la » séance du 24 octobre 1905, je viens, à mon tour, produire mes obser- » vations, relativement à cette communication et à cette lettre.

» Les travaux que j'ai faits sur cette question, depuis l'origine, me » donnent, je pense, le droit de faire connaître aussi mon opinion.

» En ce qui concerne M. Dumesnil, je relève dans le procès-verbal » la phrase suivante :

» Certains systèmes emploient des injecteurs genre Giffard, d'autres » des trompes d'Alvergniat.

» Je n'ai pu m'expliquer la distinction que M. Dumesnil essaie de » faire entre les principes qui servent de base au fonctionnement de ces » deux derniers appareils. Si notre Collègue a voulu faire ressortir une » différence entre l'instrument qu'il vient de produire et le chalumeau » que j'ai livré à l'industrie, en 1903, et qui est maintenant universel- » lement répandu, il aurait pu choisir quelque trait plus caractéris- » tique, s'il en existe, plutôt que d'essayer d'établir un distinguo aussi » subtil et aussi peu compréhensible.

» Relativement à la lettre de M. R. Arnoux, il y a lieu de relever des » critiques mal fondées contre l'acétylène.

» Tout d'abord, l'acétylène ne donne nullement lieu à la « formation » de carbures métalliques, sortes de fontes, n'ayant à la traction qu'une » résistance très réduite et un allongement presque nul ».

» Les parties soudées au chalumeau oxyacétylénique sont aussi » douces à limer que le fer lui-même ; ne sont pas carburées, comme » l'affirme M. Arnoux ; présentent couramment à la traction une résis- » tance de 36 kg par millimètre carré. Si, dans les tôles épaisses, l'al- » longement est plus faible que pour le fer initial, il est, cependant, » loin d'être nul. C'est là un phénomène purement physique, qui se » produit aussi bien pour la soudure à l'hydrogène ; et, dans l'un et » l'autre procédé, le recuit et le martelage (que, bien évidemment, la » société « l'Oxhydrique Française » ne préconise pas sans motifs) redon- » nent au fer la malléabilité qui s'était trouvée réduite, probablement » par suite de la fusion suivie d'un refroidissement rapide.

» M. R. Arnoux affirme ensuite qu'il faut toujours un excès de com- » bustible produisant un excès de carbone libre. Or la combustion

» théorique de l'acétylène en oxyde de carbone seulement exige un
» volume d'acétylène et un volume d'oxygène :

$$\underset{2\ \text{vol.}}{C^2H^2} + \underset{2\ \text{vol.}}{2O} = C^2O^2 + 2H.$$

La pratique courante a consacré les proportions suivantes :

Acétylène = 1 volume ; Oxygène = 1,1 à 1,3 volume.

» On voit donc que c'est précisément l'inverse de ce qu'avance M. » Arnoux. L'excès de combustible n'est nécessaire qu'avec l'hydrogène » dont il faut, en pratique, 4 à 5 volumes (au lieu de 2 théoriques) » pour 1 volume d'oxygène.

» Relativement aux prix de revient des deux procédés — acétylène » et hydrogène — il est facile de voir que le jeu de la concurrence est » impuissant à les niveler. En effet, pour une même dépense d'oxygène, » un mètre cube par exemple, il faut : ou 5 m³ d'hydrogène coûtant, » même au prix extrêmement bas de 1,25 f le mètre cube, 6,25 f, et » produisant environ 15 000 calories ; ou 800 l d'acétylène coûtant 1,20 f » et produisant 11 000 calories. On voit ainsi facilement que la dépense » de combustible est quatre fois plus grande avec l'hydrogène qu'avec » l'acétylène, pour la production de la même quantité de chaleur. En » outre, le prix du carbure de calcium est appelé à baisser, tandis que » l'hydrogène, avec ses frais d'électrolyse, de compression dans les » tubes d'acier, de transport, ne pourra jamais descendre beaucoup au- » dessous du prix déjà très bas que j'ai supposé tout à l'heure.

» Au sujet de la température élevée du chalumeau, critiquée par » M. Arnoux, il faut remarquer que le fer ne prend nullement cette » température, parce que le bain de fusion produit par la flamme est » constamment en contact avec le fer rouge, mais non encore fondu. » Si l'on prolonge le chauffage sur le même point, le bain de fusion » s'étend sans augmenter sérieusement de température, conformément » à une loi physique bien connue ; la tôle crève, mais jamais le fer » fondu ne pourra, dans de telles conditions, s'élever beaucoup au- » dessus de sa température de fusion ; il faudrait, pour cela, le chauffer » dans un creuset. L'avantage de la flamme très chaude est d'opérer » très rapidement, et lorsqu'on veut modérer la chaleur, il suffit d'opé- » rer avec un débit moindre ou d'éloigner le dard de la pièce à chauffer.

» Enfin, en ce qui concerne l'oxyde de carbone, il est certain que si les » ouvriers étaient incommodés, comme le dit M. Arnoux, le procédé » n'aurait pas depuis quatre ans un succès toujours croissant. C'est là » un inconvénient qui ne m'a jamais été signalé par aucun des nom- » breux industriels qui pratiquent la soudure oxyacétylénique. Cette » critique a été émise, pour la première fois, au Congrès de la Métal- » lurgie, à Liège, par le représentant de la société belge « l'Oxhy- » drique », sans autres preuves que celles fournies par M. Arnoux et » qui manquent trop de précision dans les détails pour qu'il soit pos- » sible de les discuter. Il ne faut pas oublier que la soudure se fait dans » des ateliers où il y a bien d'autres causes de production d'oxyde de » carbone, sans inconvénients d'ailleurs, à cause des grands espaces et » de la grande circulation d'air. Cette critique s'appliquerait, d'ailleurs,

» aussi bien à tous les procédés d'éclairage et de chauffage par les gaz
» ou liquides carbonés. L'électricité seule serait d'un emploi compatible
» avec la conservation de notre santé.

» Veuillez agréer, etc., etc.

» Ed. Fouché. »

M. Th. Seyrig a la parole pour sa communication sur *le Pont de Commerce, à arcs conjugués, de Liège.*

M. Th. Seyrig explique qu'à l'endroit où devait se trouver l'entrée principale de l'Exposition de 1905, il existait une passerelle jadis construite par MM. Cadiat et Oudry, sensiblement sur le type du pont d'Arcole.

Lorsque les travaux préparatoires de l'Exposition étaient en pleine marche, on s'aperçut que cette passerelle, vieille d'une soixantaine d'années, n'était aucunement de nature à livrer passage à des foules. Elle était non seulement étroite, à tablier en bois, mais elle était fortement menacée de ruine par la rouille qui s'était infiltrée partout entre les éléments de la tôlerie.

La reconstruction s'imposait, à moins d'interdire tout passage par cet ouvrage, situé le plus près du centre élégant de la ville. Le temps disponible, jusqu'à l'inauguration de la fête internationale, n'atteignait pas dix-huit mois. Tous les services techniques étaient surchargés, et le problème n'avait été étudié d'aucun côté.

La Ville de Liège et l'Administration de l'Exposition s'adressèrent à la Société John Cockerill, fixant les grandes lignes de l'ouvrage à construire et demandant l'engagement ferme de livrer passage dans le temps voulu. Cet engagement put être pris et si brillamment tenu, que le délai accordé fut devancé de trois semaines, et que, le jour de l'inauguration, le public put circuler sur le pont, achevé de tous points, sauf pour la peinture définitive.

Ce résultat n'était susceptible d'être atteint qu'à condition d'utiliser la pile en rivière existante, l'Administration du service du fleuve n'admettant, pendant la durée de l'hiver, aucun travail créant un obstacle dans le cours du fleuve. Les débâcles, rares il est vrai, sont parfois formidables.

D'autre part, les exigences de la navigation étaient sévères pour les hauteurs à réserver. Celles de la Ville ne l'étaient pas moins pour les rampes et pour les maxima en élévation. Le problème devenait d'une étroitesse singulière, obligeant, pour ainsi dire, à l'emploi d'arcs dont les données étaient fort limitées. On n'admettait aucune charpente dépassant le tablier, afin de conserver sa valeur au ravissant paysage des environs.

Or, à l'examen, on reconnut bien que la pile existante était solide, mais qu'elle n'était pas de dimensions suffisantes, ni de fondations assez profondes, pour admettre des poussées dissymétriques telles que devaient les produire les surcharges prévues, sur les arcs. Les culées, au contraire, pouvaient, en temps utile, être refaites de façon à donner toutes garanties.

Dans ces conditions, la solution rationnelle parut, à l'auteur, se trou-

ver dans l'emploi d'arcs conjugués, transmettant leurs poussées aux culées, mais ne donnant sur la pile qu'une réaction verticale.

Le pont entier a 136,85 m d'ouverture entre culées ; les deux arcs ont chacun 67,845 m. Ils ne sont pas absolument pareils, les pentes aux deux extrémités ayant dû être différentes. La flèche d'intrados est d'environ 1/18.

Chaque arche comprend huit arcs : six sous chaussée et deux sous trottoirs. Ils sont en caisson, avec membrures en auge, réunies par des montants et des diagonales formant un treillis en N. Les sections sont très importantes, la hauteur des arcs étant faible et les charges considérables. Aussi, au milieu des travées, les semelles sont-elles élargies de façon à se confondre en un blindage général recouvrant toute la largeur du pont. Encore est-on arrivé à la limite pratique de l'épaisseur qui permet une bonne rivure.

Les contreventements des arcs se trouvent dans les plans verticaux de tous les montants.

Les arcs de rive ont un peu plus de hauteur, mais là aussi les membrures arrivent aux limites supérieures des épaisseurs et il a fallu beaucoup de recherches pour arriver aux distributions satisfaisantes des fers.

Les arcs reposent sur des rotules en acier fondu. Sur la pile, ces rotules sont logées deux à deux dans un même sabot, qui a une surface plane inférieure, et qui repose sur une série de rouleaux. La pression verticale est, en effet, relativement faible, par rapport à la poussée. L'expérience a prouvé que le fonctionnement de ces appareils se fait avec une minutieuse exactitude.

La chaussée du pont est pavée et englobe les rails de deux voies de tramway. Le pavé repose sur du sable de Meuse qui se trouve sur une couche de bitume. Celle-ci est façonnée de façon à recueillir toutes les eaux d'infiltration du pavage et les conduire à de nombreuses gargouilles qui jettent les eaux dans des chéneaux disposés sous le platelage. Le drainage parfait assure ainsi la conservation du métal. Le bitume est posé sur une couche de ciment, pour mieux protéger le métal, et celui-ci a encore reçu, avant cimentage, quatre couches de peinture.

Le tablier est complété par un garde-corps ornemental assez riche, quoique d'un modèle simple, en fer forgé. Les montants sont en fonte. et sont disposés de telle sorte, qu'ils servent là où c'est nécessaire, et par une très légère transformation, à la fixation des mâts de fil électrique du trolley.

M. Seyrig indique sommairement les bases du calcul auquel il faut soumettre ces arcs, et les procédés employés pour justifier rapidement des dispositions adoptées, afin d'arriver à la mise en œuvre dans le délai voulu.

Il donne les renseignements généraux concernant les surcharges imposées, et les coefficients de travail limite admis.

Passant ensuite aux résultats, il indique les épreuves auxquelles l'ouvrage a été soumis, et donne un aperçu de l'ensemble des résultats.

Le résultat général des épreuves peut se formuler ainsi :

Si l'on adopte pour coefficient d'élasticité du métal employé 22×10^9 on trouve une série de chiffres concordant étroitement avec les résultats

du calcul. Certains d'entre eux sont d'une concordance remarquable. D'autres offrent des divergences qui s'expliquent très normalement par l'existence d'une chaussée continue, et de files de rails également continus par-dessus les points d'interruption entre les tabliers et les culées. Ces différences sont faibles. L'ensemble permet de dire que les résultats du calcul se sont vérifiés d'une façon remarquable, ce qui, pour la première application d'un type nouveau, était le plus satisfaisant.

M. P. Regnard mentionne quelques particularités concernant le pont antérieur et l'accident survenu au cours de sa construction. Il rappelle que deux anciens Présidents de la Société, MM. Flachat et Molinos et M. Pronnier, furent chargés de rechercher les causes de cet accident et indiquèrent les moyens d'y remédier.

M. A. Dallot demande pourquoi on n'a pas établi la continuité des fermes au-dessus de la pile centrale.

M. Th. Seyrig répond qu'avec ce système les inconvénients de la dilatation sont tellement énormes que le poids du pont eût été doublé ou triplé. Le calcul, du reste, en a été fait.

M. le Président remercie M. Seyrig de son intéressante communication et il le félicite de la manière élégante et nouvelle dont il a résolu le problème qui se posait à l'occasion de la construction de ce pont remarquable.

M. L. Letombe a la parole pour sa communication sur *l'Action de paroi dans les moteurs à combustion interne.*

M. L. Letombe dit que, pratiquement, les moteurs à combustion interne ne fonctionnent bien que refroidis extérieurement par une abondante circulation d'eau.

Or, cette circulation soustrait souvent aux moteurs jusqu'à 40 0/0 de la chaleur qui leur est fournie.

Depuis que le moteur à gaz existe, on considère cette nécessité des enveloppes d'eau comme un mal nécessaire qui, s'il pouvait être supprimé, permettrait aux machines d'avoir des rendements thermiques beaucoup plus élevés que ceux que nous connaissons.

Ce qui a contribué à répandre cette idée, c'est que, ne considérant que les températures extrêmes développées dans un cylindre de moteur à gaz, on a évalué le maximum de rendement de ce genre de machines en les supposant capables de suivre à leur limite de perfection un cycle de Carnot.

Comme le calcul laisse espérer, dans ce cas, pour le rendement des moteurs un chiffre extrêmement élevé, 76 0/0 environ, alors que dans la pratique on ne trouve guère que 30 0/0 dans les meilleures conditions de marche, on en a naturellement conclu que la différence entre ces deux chiffres pouvait provenir seulement de la perte à la paroi.

Mais en y regardant de plus près, on voit d'abord que les moteurs à gaz ne peuvent suivre que certains cycles dont le maximum de rendement propre est de beaucoup inférieur à celui d'un cycle de Carnot, et dans une telle proportion, dans tous les cas, qu'on reconnaît immédia-

tement que la majeure partie de la chaleur qui passe à la paroi ne peut constituer une perte récupérable en travail.

D'ailleurs, si l'action de la paroi avait vraiment l'influence qu'on lui attribue, comme cette action ne peut se manifester que proportionnellement aux surfaces intérieures des cylindres, il est évident que les grands moteurs devraient avoir des rendements incomparablement supérieurs aux petits, attendu que le rapport de la surface au volume des cylindres décroît rapidement avec l'augmentation des dimensions.

Or il n'en est rien : en travail indiqué et à compression égale, les rendements sont sensiblement constants quelles que soient les dimensions des machines.

En analysant, d'autre part, de nombreux résultats d'essais, M. Letombe montre que la somme des chaleurs perdues à l'échappement et à la paroi pour un moteur à gaz déterminé est pratiquement une constante, c'est-à-dire qu'en variant le régime de la circulation d'eau des enveloppes de cylindres, ce qu'on peut gagner à la paroi on le perd à l'échappement et réciproquement.

Il en conclut qu'en particulier, pour un moteur à combustion à volume constant, dont le diagramme reste constamment correct, l'enveloppe d'eau n'a aucune influence sensible sur son rendement.

Ce rôle paradoxal et heureux de la paroi est dû à deux causes principales : l'épaisseur relative des parois et surtout les détentes extrêmement rapides des gaz dans les cylindres dont M. A. Witz préconisait déjà l'application, il y a plus de vingt ans.

M. Letombe, s'appuyant, d'une part, sur la démonstration faite à la Société par M. Marcel Déprez, de l'instantanéité des échanges de chaleur de molécule à molécule par contact, et d'autre part, sur des expériences directes qui prouvent que la transmission de la chaleur par conductibilité à travers un métal demande un temps fini bien supérieur à la durée de l'accomplissement d'un cycle, démontre que ce sont les phénomènes suivants qui empêchent que la paroi refroidie d'un cylindre de moteur à quatre temps, en particulier, ait une influence néfaste sur son rendement :

La pellicule interne des parois d'un cylindre de moteur à gaz a pris à la fin de l'échappement des gaz chauds, par contact direct, la température de ces gaz.

Pendant la course d'aspiration qui suit, la paroi ne peut que céder de la chaleur aux gaz introduits et il en est de même pendant la compression, car les températures d'échappement sont toujours supérieures aux températures de compression.

Lorsqu'à fin de course de piston, l'explosion se produit à volume constant, c'est-à-dire en un temps extrêmement court, la pellicule interne des parois du cylindre se met instantanément en équilibre de température avec les gaz de combustion et un flux de chaleur tend à s'établir vers l'extérieur; mais si alors une détente tres rapide survient, toujours par contact direct, les gaz reprennent à la paroi, au fur et à mesure de leur abaissement de température, la chaleur primitivement fournie et qui n'a pas, pour ainsi dire, eu le temps d'accentuer son mouvement vers l'extérieur.

Mais pendant la course d'échappement, au contraire, aucune détente ne modifiant plus la température des gaz, ceux-ci échauffent effectivement la paroi et le mouvement de chaleur vers l'extérieur s'établit librement avec d'autant plus d'activité que la circulation d'eau de l'enveloppe est plus abondante.

Autrement dit, la chaleur ne passe réellement à travers la paroi que pendant la période d'échappement : or, à ce moment, cette chaleur n'est plus transformable en travail et c'est pourquoi elle n'affecte pas le rendement de la machine.

Cette explication même montre par contre, qu'un diagramme déformé par une combustion lente peut être la cause d'une perte réelle par la paroi, en raison même de la durée plus prolongée de la combustion.

Le véritable rôle de la paroi étant désormais connue, rien ne s'oppose plus à l'établissement définitif d'une théorie des moteurs à gaz. M. Letombe espère pouvoir présenter prochainement à la Société le résultat de ses travaux à ce sujet.

M. Bochet pense que d'après la theorie de M. Letombe, le rendement du moteur à combustion devrait être inférieur à celui du moteur à explosion, tandis qu'en réalité c'est le contraire.

M. Letombe répond que la comparaison ne lui paraît pas possible à cause de la différence des cycles.

M. Arnoux dit qu'il a eu à faire des expériences (pour la comparaison de silencieux) au laboratoire de l'Automobile-Club et qu'il résulte de ses constatations que l'action de paroi est, contrairement à ce que pense M. Letombe, très importante et qu'il y a un grand intérêt à la réduire autant que possible.

M. Deschamps ne comprend pas la raison donnée par M. Letombe pour laquelle il y aurait moins de déperdition de chaleur par la paroi pendant la détente que pendant l'échappement.

M. le Président remercie M. Letombe de sa communication. Les nombreuses controverses qu'elle a soulevées prouvent que le sujet est de nature à intéresser beaucoup de personnes.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-J. Bourdariat, G. Claude, L. Kriéger, A.-A. Liévin, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. P.-L. Boulant, G.-M. Duburguet, E.-V. Gunziger, J. Klopfenstein, E.-G. Martignoni, L.-A.-G. Mazellier, G. Müller, G.-J.-A. Rey, L. Strauss, K. Valais, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires ;

M. F.-L. Le Guen, comme Membre Sociétaire assistant, et

M. S. J. Barrellet, comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires Techniques,
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 NOVEMBRE 1905

Présidence de M. L. Coiseau, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les nominations suivantes :

M. le Professeur Belelubsky a été élu Directeur de l'Institut impérial des Ingénieurs des Voies de communication, à Saint-Pétersbourg ;

M. Harlé, Président de la Sixième Section du Comité, a été nommé Membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dit que M. Arnoux a adressé une nouvelle lettre à propos de la soudure autogène des métaux.

A raison des nombreuses questions soulevées tant par les lettres précédentes que par cette nouvelle lettre, M. le Président propose à la Société de remettre la suite de cette discussion à une séance dont la date sera fixée ultérieurement et à laquelle seront priés d'assister tous les spécialistes en la question. *(Adopté.)*

M. le Président fait également connaître que M. A. Dallot lui a écrit pour préciser la question qu'il avait posée à la séance du 10 novembre. Il sera tenu compte de la rectification demandée par M. Dallot lors de la publication définitive du Procès-Verbal de cette séance dans le Bulletin.

La Société Industrielle d'Amiens met au concours, pour juin 1906, une série de questions touchant les sujets suivants :

Arts, Mécanique et Construction ; — Filature et Tissage ; — Agriculture ; — Histoire naturelle ; — Physique et Chimie ; — Commerce, Économie politique et sociale.

Le programme peut être consulté à la Bibliothèque.

M. G. Marié a la parole pour sa communication sur *les Oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie.*

M. G. Marié dit qu'il étudie, depuis 1901, les oscillations diverses du matériel des chemins de fer ; parmi ces oscillations, celles qui sont dues aux variations brusques des rayons des courbes de la voie peuvent être puissantes et méritent une étude attentive.

M. Marié expose les motifs qui ont conduit divers Ingénieurs du siècle dernier à conseiller l'emploi de courbes de raccordement progressives ou paraboliques entre les parties droites et circulaires des lignes.

Il montre ensuite l'avantage de ces courbes de raccordement en se plaçant à un point de vue nouveau ; il étudie les oscillations transversales des véhicules à l'entrée en courbe ou à la sortie, quand ces courbes de raccordement manquent totalement. Ces oscillations se font autour d'un axe horizontal parallèle à la voie ; elles sont dues à l'application brusque de la force centrifuge ou à sa suppression instantanée. Il explique qu'à la fin de la première oscillation, la variation de compression des ressorts peut être sensiblement supérieure à celle qui résulte du calcul banal de la force centrifuge, surtout aux vitesses très considérables. Il expose les formules qui permettent de calculer ces effets puissants.

M. Marié montre que, d'après ses formules, on arriverait théoriquement à un déchargement très notable des ressorts, d'un côté du véhicule, à une vitesse de 140 km à l'heure sur une ligne à courbes de 800 m de rayon, sans courbes de raccordement.

A première vue, ces résultats pourraient faire croire que la vitesse de 140 km à l'heure ne pourra jamais être de beaucoup dépassée sur les lignes anciennes. Mais M. Marié explique qu'en pratique il existe de puissantes causes naturelles d'amortissement de ces oscillations et des moyens de les diminuer à volonté. Voici en quoi ils consistent :

1° En pratique, ces oscillations sont fortement amorties par les frottements des lames de ressorts et autres qui résistent à la rotation du véhicule en travers ; il faut bien se garder de construire le matériel de manière à éviter ces frottements ;

2° Quand on n'emploie pas les courbes de raccordement longues dont l'introduction est très difficile dans les lignes existantes, il est bon d'en introduire de courtes, qui n'exigent aucune acquisition de terrains ; on le fait sur certaines lignes ;

3° L'emploi du dévers théorique complet de la voie correspondant à la vitesse maxima n'est pas toujours le plus avantageux. Il y a des motifs sérieux pour se contenter d'un dévers moindre, comme habituellement on le fait ;

4° Il est utile de donner à la voie un dévers assez fort au point d'entrée en courbe et assez faible à la sortie.

Aux vitesses actuelles il est inutile d'employer simultanément ces divers moyens de modération des oscillations ; mais leur emploi permettra un jour de reculer sensiblement les limites de la vitesse. On trouvera, dans le compte rendu *in extenso*, les calculs permettant d'évaluer ces oscillations et l'importance des remèdes à y apporter.

M. Marié étudie, d'autre part, une autre cause de choc et d'oscillation du matériel qui est, d'ailleurs, connue ; elle est due à la rotation imprimée subitement au matériel *autour d'un axe vertical*, à l'entrée en courbe et à la sortie quand il n'existe pas de courbes de raccordement.

Cette autre oscillation montre la nécessité de donner au matériel une certaine élasticité horizontale ; cette élasticité doit se présenter avec des frottements suffisants pour éviter les oscillations périodiques dues à certaines causes de perturbations, comme la conicité des bandages. Les bogies des locomotives modernes sont bien conçus à ce point de vue ; les voitures à voyageurs, même les plus perfectionnées, sont excel-

lentes au point de vue de la suspension verticale, mais défectueuses à ce point de vue spécial de l'élasticité horizontale avec frottements.

Il y a donc des progrès à réaliser ; on sait combien les secousses d'entrée en courbe et de sortie sont désagréables pour les voyageurs. L'emploi des menottes à anneaux ovales, pour attacher les ressorts, ne donne pas assez d'élasticité horizontale et surtout pas assez de frottements ; on peut faire mieux.

Les Allemands ont déjà fait des progrès dans ce sens, dans leurs voitures automotrices des expériences de Berlin à Zossen, à 210 km à l'heure ; mais là les frottements sont trop forts.

En terminant, M. Marié montre que les divers moyens qu'il indique pour remédier aux oscillations sont simples et peu coûteux ; ils seront intéressants surtout quand les circonstances permettront d'augmenter notablement les vitesses actuelles sur les grandes lignes. Mais cette augmentation des vitesses ne devra se faire que peu à peu, avec une extrême prudence, et après avoir réalisé les progrès voulus pour la voie et le matériel.

L'étude de M. Marié trouve aussi son application dans le cas des lignes à courbes de faibles rayons, des lignes à voie étroite et des tramways pour lesquels les limites de vitesses sont naturellement bien moindres.

M. le Président remercie M. G. Marié d'avoir apporté à la Société le résultat de ses recherches et de ses savantes études. Ceux de nos Collègues qui s'occupent de ces questions ne manqueront certainement pas d'en profiter.

M. G. Rivière a la parole pour sa communication sur *l'Industrie sidérurgique aux Etats-Unis.*

M. G. Rivière dit que le temps relativement limité dont il dispose en séance ne lui permet pas, vu la vaste étendue du sujet, de traiter ce dernier dans son ensemble.

Il débute par un historique rapide montrant le développement de l'industrie sidérurgique depuis 1867, où la production totale d'aciers de toutes sortes était de 20 000 t, puis de 1 000 000 t en 1884, et actuellement dépasse 15 000 000 t.

L'industrie sidérurgique, dépendante, jusque vers 1880, de l'importation de minerais étrangers, principalement d'Espagne, allait peu à peu s'affranchir, de 1880 à 1890, au fur et à mesure du développement du bassin minier du Lac Supérieur. En même temps, et comme conséquence, les centres sidérurgiques allaient se transporter à l'ouest, vers Pittsburgh, Chicago, Cleveland.

Actuellement, les conditions sont les suivantes :

Un grand district, correspondant aux quatre cinquièmes de la production totale, a pour centre Pittsburgh et la Pensylvanie, avec des branchements vers Chicago, Cleveland, Buffalo. Ce district est alimenté, en majeure partie, de minerais du bassin du Lac Supérieur et de coke de Connelsville.

Il existe également quelques districts secondaires, qui ont leur raison d'être, soit parce qu'on y trouve sur place du minerai et de la houille

(comme exemple, le district d'Alabama), soit par suite de l'éloignement de tout centre producteur (comme exemple, district de Pueblo, quoiqu'on y doive transporter la houille de 150 km, du sud du Colorado, et le minerai de mines distantes de 200 à 960 km).

Bassin minier du Lac Supérieur. — Ce bassin comprend cinq districts : Marquette, Menominee, Gogebic, Vermilion et Mesabi. Minerai tantôt dur, compact, et tantôt poussiéreux (Mesabi), toujours très riche, contenant de 50 à 64 0/0 de fer.

Ces mines forment une bande de 160 km de largeur, entourant toute la partie ouest du Lac Supérieur.

Le pays est très accidenté, le climat très rude. Il en résulte que cette région est complètement inculte, ce qui a permis l'emploi de méthodes d'exploitation ne tenant aucun compte de ce qu'il adviendra quant au relief du sol. En tant que système d'exploitation de mines, c'est une application unique, sur une échelle aussi grandiose. Dans le cas de minerais poussiéreux, l'emploi de pelles à vapeur (4 à 6 t) est général. Une seule pelle peut exploiter et charger sur wagon de 5 à 6 000 t en huit à dix heures.

Le transport jusqu'aux ports de chargement s'effectue par voie ferrée. Des jetées-docks, spéciales au chargement rapide, aux ports de déchargement des installations d'une puissance formidable, permettent une immobilisation aussi réduite que possible des vaisseaux transporteurs.

Un vaisseau de 11 000 t peut être chargé en trente minutes; il peut être vidé en quatre heures et demie à cinq heures, par une batterie de six machines Hulett récentes (chaque machine nécessite seulement deux mécaniciens).

Installations de hauts fourneaux. — Leur trait caractéristique est l'emploi d'unités à très hauts tonnages — 500, 600 et jusqu'à 800 t par vingt-quatre heures. La dureté spéciale de coke de Connelsville, et la richesse toute particulière des minerais permettent seules une hauteur suffisante — 27 à 30 m — et des lits de fusion assez riches pour l'obtention de telles productions.

L'importance des tonnages à manutentionner (jusqu'à 100 t à l'heure par haut fourneau) entraine la nécessité absolue de moyens mécaniques et souvent automatiques. Le problème de l'approvisionnement des hauts fourneaux est encore compliqué par le fait de l'interruption de la navigation sur les grands lacs par les glaces pendant six mois de l'année. Chaque installation de haut fourneau comprend un parc de réserve; pour quatre hauts fourneaux modernes, la capacité en est de 600 à 800 000 t.

Un second problème est celui de la manutention et de l'utilisation des produits du haut fourneau : fonte et laitier. La fonte, toujours reçue en poche, est immédiatement amenée, soit à des mélangeurs, qui servent à la fois de réserve et de régulateur entre les hauts fourneaux et les aciéries, soit à une batterie de machines à couler genre Uehling. Le premier système, évitant la deuxième fusion, est de beaucoup préféré; certaines usines avoisinant Pittsburgh, dont les hauts fourneaux et les aciéries sont séparées par la rivière Monongahela, n'ont pas hésité à

construire des ponts dont la longueur atteint 330 m (Jones et Langhlin), spécialement affectés au transport de la fonte liquide. Le laitier est presque toujours granulé en vue de la fabrication de ciment.

Procédé Gayley. — Dans les controverses fort intéressantes auxquelles a donné lieu ce procédé, on n'a peut-être pas assez tenu compte de la différence entre les conditions européennes et américaines. Alors que le haut fourneau européen moderne est un appareil pour ainsi dire de précision, auquel on imprime une allure bien déterminée, en vue de la production d'une fonte douée de qualités physiques et chimiques bien définies et souvent toutes spéciales, le haut fourneau, aux États-Unis, est tout d'abord, dans la plupart des cas, un appareil à production intensive, le produit ferreux liquide obtenu pouvant présenter des variations assez larges, pourvu qu'il soit susceptible d'alimenter un appareil de conversion déterminé : cornue Bessemer, four Martin, etc.

De cette production intensive résulte une très grande irrégularité de marche, que M. Gayley a cherché à atténuer en supprimant les variations d'humidité de l'air soufflé. De la plus grande régularité obtenue est résultée immédiatement une première économie de coke.

En même temps, le point faible du haut fourneau américain, la puissance de fusion, était augmenté par l'élévation de la température dans l'ouvrage, résultant de la suppression presque totale de l'eau du vent insufflé. Il devait en résulter immédiatement une surproduction du haut fourneau, pour une même consommation de coke, soit une économie de coke par tonne de fonte produite. Ce dernier résultat aurait d'ailleurs été obtenu, et peut-être plus économiquement, par une simple élévation de la température du vent soufflé. (La température du vent soufflé, aux Etats-Unis, dépasse rarement 400 degrés aux tuyères.)

Aciéries Bessemer. — Le Bessemer acide est le seul rencontré aux États-Unis. Le trait caractéristique est l'utilisation intensive des installations, grâce à des méthodes toutes spéciales pour les réparations, et en particulier pour les changements de fond. On fait peu ou point de réparations ordinaires entre deux coulées; une tuyère est-elle trop fortement corrodée, on l'obture; le temps qui s'écoule entre la fin et le commencement de deux soufflages dépasse rarement deux à trois minutes. Il en résulte une chaleur physique considérable pour la cornue, permettant l'emploi de fonte contenant seulement 0,8 à 1 0/0 de silicium, fonte permettant même, dans une opération courante, l'addition de chutes refroidissantes. Le soufflage dure de huit à onze minutes. Certaines installations atteignent une moyenne de cinq opérations par cornue et par heure.

Quant au changement de fond (chaque fond dure 15 à 25 coulées) il n'exige pas un arrêt de plus de dix minutes, grâce au remplacement de tout le tiers inférieur de la cornue, dispositif permettant un joint horizontal immédiat par clavetage. Le refroidissement est insuffisant pour nécessiter la mise hors roulement de la cornue, de sorte qu'avec cette méthode l'utilisation de toute une installation peut être totale et continue. L'importance de l'installation en est de beaucoup diminuée; toutefois, cette marche intensive nécessite une installation de machines

soufflantes généralement double et une puissance toute particulière des services d'approvisionnement et de coulée afin que la cornue n'ait jamais à attendre.

Comme production, l'aciérie Bessemer de Duquesne (Carnegie Steel C°) produit mensuellement 60 000 t de lingots avec une installation qui comprend seulement deux cornues de 10 t. Comme élément de comparaison, la production totale actuelle d'acier Bessemer en France n'atteint pas mensuellement 100 000 t.

Aciéries Martin. — Deux points les caractérisent : d'abord le tonnage élevé des fours (40-50 t) non pas tant en vue d'augmenter la production unitaire que d'espacer les coulées, ce qui permet, en affectant à une même équipe un plus grand nombre de fours, de diminuer la main-d'œuvre unitaire;

Puis, la puissance des installations obtenue par l'importance des groupements en proportion avec celle des installations de laminoirs. Une des trois aciéries Martin d'Homestead (Carnegie Steel C°) comprend 28 fours de 50 t en deux rangs parallèles. La production en 1904 a dépassé 1 million de tonnes; la production totale de la France en acier Martin en 1903 a été de 677 674 t.

La disposition d'ensemble des aciéries est analogue à celle des aciéries modernes d'Europe; le chargement y est toujours fait mécaniquement; la coulée y est presque toujours effectuée sur trucks roulants sauf dans le cas de lingots spéciaux pour plaques de blindages, canons, etc.

Installations de laminage. — Le conférencier, limité par le temps, passe rapidement sur cette question :

La caractéristique principale est l'intensité d'utilisation; tous les services auxiliaires sont subordonnés à la non-interruption de marche des laminoirs.

CONCLUSION.

Deux caractères se dégagent de l'étude générale de l'industrie sidérurgique aux États-Unis :

D'abord la production colossale des installations, soit par l'emploi d'éléments à tonnages élevés (hauts fourneaux, aciéries Martin) soit par l'intensité et la rapidité des opérations (Bessemer, laminoirs);

Puis, l'agencement mécanique général des manutentions, conséquence à la fois de l'importance des tonnages manutentionnés et de la recherche de la main-d'œuvre minimum.

M. GUILLET croit que la discussion scientifique du procédé Gayley doit être regardée comme close. Il rappelle la très intéressante communication faite au Congrès de Liège par M. Divary, l'Ingénieur chef des hauts fourneaux du Creusot; elle a été reproduite dans le numéro d'octobre de la *Revue de Métallurgie*.

M. Guillet demande à M. Rivière s'il a pu recueillir quelques renseignements intéressants sur les aciers spéciaux. Il ne faut pas oublier, en effet, que c'est en Amérique que notre savant Collègue, M. Brustlein, a été chercher l'industrie des aciers au chrome et que c'est dans ce pays qu'a été faite l'importante découverte des aciers à coupe rapide.

M. Guillet serait heureux aussi de savoir ce que l'on pense de l'électrosidérurgie aux États-Unis. En ce moment, le Canada se préoccupe beaucoup de la question et M. Héroult y fait une importante installation, non seulement en vue de traiter la fonte, mais bien aussi de la produire.

Enfin, la question de l'enseignement technique de la métallurgie est tout à fait à l'ordre du jour aux Etats-Unis et M. Rivière a peut-être eu l'occasion de l'étudier.

M. G. Rivière dit qu'il regrette de ne pas avoir les renseignements demandés par M. Guillet sur les aciers au nickel, l'électrosidérurgie et l'enseignement technique de la métallurgie aux Etats-Unis. Dans le court séjour de neuf mois qu'il a fait en Amérique, il s'est volontairement limité à une étude d'ensemble.

M. le Président remercie M. Rivière de sa communication qui a exposé clairement les méthodes employées par les Américains. Quelques-unes, toutefois, ne sont pas nouvelles pour les Européens, notamment en ce qui concerne l'exploitation des mines, mais l'ensemble n'en est pas moins fort intéressant.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-A. Bride, A.-E. Brillié, A.-G. Considère, E.-A. Le Doyen, G.-P. Longuemare, M. A. Phinstag, P.-Ch.-J. Renaud, P. A. Ziegler, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de :

M. L. Bourgeois, comme Membre Associé.

MM. A.-J. Bourdariat, G. Claude, L. Krieger, A.-A. Liévin sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires Techniques,
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er DÉCEMBRE 1905

PRÉSIDENCE DE M. L. COISEAU, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de M. Ch. Lamy, ancien élève de l'École Centrale (1874), Membre de la Société depuis 1899 ; a été directeur des usines Kulhmann, à Lille, imprimeur et fabricant de registres.

M. le Président adresse à la famille de ce Collègue les sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

M. M. Rondet-Saint a été nommé Chevalier du Mérite Agricole;

MM. P. Fougerolle et A. Gallut ont été nommés Commandeurs du Nichan Iftikar ;

M. A. Barre a été nommé Chevalier de l'Ordre de Léopold.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que la Société des Ingénieurs Civils de France a obtenu un diplôme de Grand Prix à l'Exposition internationale de Liège.

Prix Giffard.

M. LE PRÉSIDENT dit que, conformément au Règlement, dans la séance de ce soir, doit avoir lieu la proclamation du sujet de concours du Prix Giffard 1908.

Le Prix Giffard 1905 n'ayant pas été décerné, le Jury et la Commission ont décidé de le proroger en conservant le même sujet de concours.

En conséquence, en 1908, il y aura deux Prix Giffard, dont les sujets seront les suivants :

PRIX GIFFARD 1905 PROROGÉ 1908.

De la production de la vapeur surchauffée; son emploi dans les moteurs à vapeur; conséquences économiques de cet emploi. — Disposition à adopter dans les surchauffeurs et les moteurs afin d'obtenir les meilleurs résultats.— Température de surchauffe la plus avantageuse.

PRIX GIFFARD 1908.

De l'utilisation à la production de l'énergie mécanique, des gaz de hauts fourneaux, de fours à coke, de gazogènes divers. — Étude thermique et expérimentale. — État actuel. — Avenir de la question.

M. le Président rappelle que les mémoires concourant pour chacun de ces Prix, dont la période de concours s'ouvre le 1er janvier 1906, doivent être envoyés au Secrétariat au plus tard le 31 décembre 1907.

M. le Président fait connaître qu'une visite au Salon de l'Automobile, du Cycle et des Sports sera organisée, comme chaque année. Elle aura lieu le vendredi 22 décembre. Réunion à 9 heures trois quarts très précis du matin, sous le péristyle du Grand Palais.

M. Loreau, Ancien Président de la Société, Président de la Commission technique de l'Automobile Club, a bien voulu, avec M. Arnoux, Vice-Président de cette même Commission, accepter de nous faire, au cours de cette visite, une conférence des plus intéressantes.

Sur la demande qui lui en a été faite, notre Collègue, M. Génis, Président de la Société d'Electricité de Paris, a bien voulu nous autoriser également à visiter la grande usine de Saint-Denis.

Cette visite aura lieu le 19 décembre ; rendez-vous à 1 heure et demie place de la Trinité, où des tramways seront mis à notre disposition.

Comme il est indispensable de connaître, par avance, le nombre des visiteurs, M. le Président prie instamment ses collègues de se faire inscrire au Secrétariat le plus tôt possible.

M. le Président fait connaître qu'un certain nombre d'obligations de la Société sont actuellement disponibles. Ceux de nos Collègues qui seraient désireux de s'en rendre acquéreurs demanderont des renseignements au Secrétariat.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

M. A. Loreau a la parole pour présenter *l'œuvre de G. Forestier et sa contribution au progrès de l'industrie automobile.*

M. A. Loreau rappelle que, lors du cinquantenaire de la Société, en 1898, M. l'Inspecteur Général des Ponts et Chaussées Forestier fut l'un des trois orateurs qui parlèrent à la séance solennelle, à laquelle assistait M. le Président de la République Félix Faure. Depuis cette époque il était Membre d'honneur de notre Société et il l'a toujours tenue au courant des grandes étapes de l'industrie automobile.

M. Loreau retrace les principaux traits de la vie de G. Forestier et rend hommage à sa mémoire.

Né à Saintes, en 1838, il entre le dix-septième à l'École Polytechnique en 1857, en sort le neuvième et est classé cinquième à la sortie de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

En 1862, il est Ingénieur aux Sables-d'Olonne (son père était alors Ingénieur en chef de la Vendée). En 1868, Ingénieur à Vannes, il construit le pont suspendu de la Roche-Bernard. Il est envoyé en mission à Rochefort, puis à Saïgon. En 1879, il retourne en Cochinchine comme Directeur des Travaux Publics de la Colonie.

Successivement Ingénieur en Chef à Poitiers et à Vannes, Inspecteur général en 1891, Directeur du contrôle des chemins de fer algériens,

tunisien et corse en 1893 il est nommé titulaire du Cours de Routes à l'Ecole des Ponts et Chaussées en 1895.

C'est alors qu'il étudie avec le baron Thénard et avec le comte de Chasseloup-Laubat la pratique de l'automobile; et, en 1897, il est élu Président de la commission technique de l'Automobile Club de France.

Les concours de poids lourds de 1897 et 1898 à Versailles et le concours de voitures de ville à Paris en 1898, sont organisés sous sa direction. A l'occasion de ce dernier il se porte fort de la bonne marche des quatorze voitures qui doivent parcourir Paris pendant neuf jours et, résumant nettement son impression sur l'avenir de la voiture automobile : « Elle sera rapide ou ne sera pas », il réussit à obtenir que le maximum de vitesse autorisée soit élevé de 12 à 20 km à l'heure.

Les résultats ne se firent pas attendre. Le nombre de voitures fabriquées annuellement en France, qui était de 1 800 à cette époque, atteignait 5 000 en 1900 et il dépasse actuellement 22 000, dont environ un tiers pour l'exportation.

En 1900, G. Forestier est Membre du Jury de la classe 30 de l'Exposition Universelle et Président du premier Congrès d'automobilisme. Il publie une œuvre devenue classique : *Essai d'une étude didactique des conditions d'établissement d'une voiture à traction mécanique sur route.*

Savant par ses études personnelles (ayant épousé la fille de Charles Hermite le géomètre illustre) Forestier, professeur mérite, développe éloquemment la nécessité des études pratiques : « En matière scienti-
» fique une bonne définition peut suffire... en matières pratiques d'ap-
» plication l'érudition est indispensable.

Dans le chapitre intitulé « Expériences à faire », il aborde tous les points encore incertains dans la théorie de la locomotion sur route.

Sur son inspiration, la Commission technique propose l'installation d'un laboratoire spécial qui, réalisé par l'Automobile-Club de France, permit l'étude d'une série de questions importantes.

Au moment de sa mort G. Forestier terminait l'organisation du dernier concours de silencieux.

Caractère actif, plein d'initiative, d'un désintéressement et d'une indépendance absolus, ayant le sens critique très développé, G. Forestier, convaincu par le raisonnement comme par l'expérience de la haute portée industrielle et sociale des applications de la traction mécanique sur route, a été l'un des défenseurs les plus énergiques de l'industrie naissante et a largement contribué à son merveilleux développement.

M. le Président dit que M. Forestier était Membre d'honneur de la Société, que tout le monde a conservé le souvenir des communications intéressantes qu'il a faites, il s'associe au nom de tous au témoignage rendu par M. le Président Loreau à la mémoire de l'Ingénieur distingué qu'était M. Forestier.

M. A. Lumet a la parole pour le *Compte rendu du dernier Concours de poids lourds et véhicules industriels.*

M. G. Lumet dit tout d'abord que cette épreuve ne fut pas un concours, mais bien une grande manifestation utilitaire. Celui qui en eut l'idée, qui la voulut telle qu'elle fut, fastueuse, fut le Marquis de Dion

qui, au titre de Président de la Commission des Concours et assisté de ses Vice-Présidents, MM. Rives, Max Richard et Martin du Gard, eut la lourde tâche d'en assurer l'organisation. Le Délégué de la Commission des Concours, M. Famechon, assura les mille détails de cette organisation; il dut tracer la voie de cette énorme machine et sut la conduire au succès.

Au cours de cette épreuve la Commission technique de l'Automobile Club de France, présidée par M. Loreau, l'ancien Président de notre Société, fut appelée à enregistrer certaines données très intéressantes du fonctionnement des véhicules, tant au point de vue de leur régularité de marche qu'au point de vue de leur consommation en combustible.

M. Lumet se propose de donner les résultats relevés par la Commission technique qui délégua, à cet effet, M. Georges Longuemare, notre nouveau Collègue; mais avant, il dit quels étaient les véhicules engagés dans l'épreuve, et en montre quelques-uns au moyen de projections. Ces véhicules étaient rangés dans deux classes :

Dans la première étaient ceux destinés au transport des marchandises, dans la deuxième, ceux destinés au transport des voyageurs.

La 1re classe se subdivisait en 7 catégories :

1re Catégorie (motocycles transportant au moins 50 kg). Au départ et à l'arrivée : 3 véhicules ;

2e Catégorie (véhicules transportant de 300 à 500 kg). Au départ: 3, à l'arrivée : 2 véhicules;

3e Catégorie (véhicules transportant de 500 à 1 000 kg). Au départ et à l'arrivée : 4 véhicules;

4e Catégorie (véhicules transportant de 1 000 à 1 500 kg). Au départ et à l'arrivée : 1 véhicule;

5e Catégorie (véhicules transportant de 1 500 à 2 000 kg). Au départ et à l'arrivée : 3 véhicules;

6e Catégorie (véhicules transportant plus de 2 000 kg). Au départ : 14, à l'arrivée : 10 véhicules;

7e Catégorie (trains). Au départ : 2, à l'arrivée : 1.

Résumé pour les 7 catégories. Au départ : 30, à l'arrivée : 24.

La 2e classe se subdivisait en 2 catégories :

1re Catégorie (véhicules transportant plus de 6 personnes.). Au départ et à l'arrivée : 4 véhicules;

2e Catégorie (véhicules transportant de 12 à 24 personnes.). Au départ : 6, à l'arrivée : 4 véhicules.

L'épreuve comportait, de plus, deux classes de véhicules spéciaux.

L'une comprenant les véhicules du type de la Compagnie Générale des Omnibus, avec 30 places au moins et une impériale.

Cette classe avait 5 omnibus au départ et 5 omnibus furent à l'arrivée.

L'autre comprenait les véhicules du type prévu dans un programme spécial sous le nom de fourgons militaires par le Ministère de la Guerre (12 fourgons au départ, 10 à l'arrivée).

Ces deux dernières classes étaient sous la surveillance de jurys spéciaux composés par les soins de la Compagnie Générale des Omnibus, d'une part, et par les soins du Ministère de la Guerre, d'autre part.

M. Lumet indique ensuite les itinéraires que suivirent les véhicules. Les deux premières catégories de véhicules de transport de marchandises et tous les véhicules de transport de voyageurs suivirent l'itinéraire A, les autres suivirent l'itinéraire B. Les longueurs des parcours étaient :

		Itinéraire A	Itinéraire B
		—	—
Paris-Compiègne	km	153,000	95,500
Compiègne-Amiens		148,500	73 700
Amiens-Dieppe		133,400	98,900
Dieppe-le Havre		105,600	105,600
Le Havre-Rouen		150,800	88,000
Rouen-Mantes		130,800	79,000
Mantes-Paris		53,500	53,500
De bout en bout	km	875,600	594,200

M. Lumet, pressé par le temps, passe très rapidement sur les constatations techniques qui furent relevées pendant l'épreuve.

Pour la régularité de marche, il explique que des contrôles furent établis au nombre de 3 à 5 par étape. Dans chacun des contrôles étaient des chronométreurs qui notèrent les heures de passage des véhicules. Des graphiques de marche furent établis. M. Lumet en fait projeter, les explique et montre combien fut remarquable la régularité de tous les véhicules.

Pour la consommation, M. Lumet explique les précautions qui furent prises pour assurer la sincérité de l'épreuve.

Il montre, dans des tableaux qui donnent les chiffres de consommation à la voiture kilométrique, à la tonne kilométrique totale, à la tonne kilométrique utile, les vitesses moyennes réalisées et les charges relevés pendant les concours organisés par l'Automobile Club de France depuis l'année 1897, les progrès considérables réalisés tant au point de vue de la diminution de la consommation, qu'au point de vue de l'augmentation de la vitesse moyenne et de la charge utile transportée. M. Lumet termine en disant que cette épreuve aura eu le grand mérite, en montrant aux constructeurs les très beaux résultats de leurs efforts, de les encourager à l'effort nouveau.

M. R. Arnoux dit que jusqu'ici, dans les courses ou concours d'automobiles on s'est préoccupé, soit de la vitesse moyenne réalisée sans avoir égard à la consommation correspondante, soit de cette dernière sans avoir égard à la vitesse ; en un mot on s'est préoccupé d'instituer ou bien des courses de pure vitesse, ou bien des concours de consommation rapportée seulement à la tonne kilométrique.

Or, dans toute question de transport (et on peut dire aujoud'hui que l'automobile a cessé d'être un organe de *sport* pour devenir un outil de *transport*), les facteurs en jeu sont au nombre de quatre : 1° le poids transporté ; 2° la distance à franchir ; 3° la vitesse de transport ; et enfin 4° la dépense correspondante.

Si on considère les transports par voie ferrée, par exemple, les Compagnies de chemins de fer établissent leurs *tarifs* (facteur dépense) non

seulement en raison du *poids* transporté et de la *distance* mais encore en raison de la *vitesse de transport*, tarifs fort différents suivant que le transport est effectué en grande ou en petite vitesse. La vitesse a donc une valeur commerciale dans les questions de transport en général, et en particulier dans les transports *automobiles ;* autrement dit, ce qui fait la valeur d'un outil de transport pour celui qui s'en rend acquéreur, c'est de pouvoir avec cet outil transporter *le plus grand poids, à la plus grande vitesse et à la plus grande distance avec le minimum de dépense.*

Le coefficient de mérite M d'un véhicule automobile étant en raison du poids P transporté (exprimé en tonnes), de la distance L franchie (en kilomètres), de la vitesse V réalisée (en kilomètres à l'heure) et en raison inverse de la consommation C de combustible (en litres), on obtient la formule de classement suivante :

$$M = \frac{PLV}{C}.$$

permettant de chiffrer en *tonnes-kilomètres-kilomètres à l'heure* pour chaque véhicule, ce qu'on pourrait encore appeler sa *capacité de transport par litre de combustible consommé.*

C'est le rapport inverse de celui employé par M. Lumet dans sa communication avec la considération du facteur vitesse en plus. La formule précédente peut encore s'écrire en remplaçant la vitesse V par le quotient du chemin parcouru L par le temps T employé à le parcourir :

$$M = \frac{PL^2}{CT}.$$

M. R. Arnoux rappelle qu'il a eu l'occasion de proposer cette formule de classement dès 1901, dans une communication *sur les courses d'automobiles et leurs programmes* faite par lui à la Société, et que cette formule aurait l'avantage de permettre de classer dans une seule et même épreuve des véhicules de destinations très différentes (voiturettes, voitures, poids lourds), et cela sans distinction de catégories et limitation de poids maximum puisqu'il est tenu compte de la valeur de ce dernier dans le classement.

M. Arnoux pense que cette formule aurait encore un autre avantage, celui d'obliger les constructeurs à faire une étude dynamique très attentive du moteur et des organes de transmission employés, tels que engrenages, chaînes, cardans, roues et bandages, de façon à porter au maximum possible le rendement de ces différents organes. Particulièrement en ce qui concerne les voitures de course actuelles, M. R. Arnoux ajoute que leur consommation en huile de graissage et en essence est excessive, parce qu'il n'est tenu aucun compte de cette consommation dans le classement. Par exemple, dans la dernière épreuve de la Coupe Gordon Bennett, certaines voitures sont arrivées à consommer jusqu'à un litre d'essence pour parcourir chaque kilomètre du circuit à une vitesse moyenne inférieure à 70 km à l'heure ! cela seul suffit à condamner les programmes de pure vitesse.

Si l'Automobile Club de France a institué des courses c'est évidemment pour faire progresser l'industrie et non le sport automobile, dès lors les courses de pure vitesse n'ont pas leur raison d'être. Faire res-

sortir les qualités de vitesse et d'endurance d'un véhicule est bien, mais ce qui est mieux encore c'est de faire ressortir *dans une même épreuve* ces mêmes qualités jointes à celle de l'économie de marche.

M. le Président remercie M. Lumet de sa très intéressante et très documentée communication.

M. G. Claude a la parole pour sa communication sur *la Liquéfaction de l'air et ses applications à la fabrication industrielle de l'oxygène et de l'azote.*

M. G. Claude dit que parmi les sources d'oxygène, si nombreuses, que nous offre la nature, les deux plus intéressantes sont assurément l'air et l'eau. Dans cette dernière, les éléments constitutifs sont combinés très énergiquement, et nécessitent pour leur dissociation une très grande dépense d'énergie. L'air, au contraire, étant un simple mélange, la séparation de ses éléments, théoriquement du moins, ne réclame aucune dépense d'énergie. C'est donc à lui que nous nous adresserons.

Pour réaliser pratiquement cette séparation théoriquement si facile, on met à profit les différences d'ordre physique ou chimique entre l'oxygène et l'azote. Ces dernières ont été utilisées tout d'abord, dans des conditions remarquables, par Tessié du Motay, et c'est encore un procédé dérivé du sien, le procédé à la baryte, qui est à l'heure actuelle le plus élégant et le plus économique des anciens procédés. Toutefois, son efficacité est loin d'atteindre à celle des méthodes nouvelles qui vont être décrites, et qui reposent, elles, sur une différence d'ordre physique entre l'oxygène et l'azote.

Cette différence est celle des volatilités des deux gaz : l'azote bout à — 194 degrés sous la pression atmosphérique, l'oxygène à — 180° 5 seulement. La différence est, en réalité, bien plus considérable qu'il ne parait à première vue, car on sait que l'importance des degrés de l'échelle thermométrique augmente rapidement à mesure qu'on se rapproche du zéro absolu, en sorte que cet écart de 13° 5 équivaut à un écart de 60 degrés, comptés à la température de l'alcool bouillant.

L'écart entre l'alcool et l'eau étant de 21 degrés seulement, on voit que la séparation par distillation de l'oxygène et de l'azote doit être *infiniment plus facile* que celle de l'alcool et de l'eau. Et c'est, en effet, ce qui a lieu dans la réalité.

On est ainsi amené à liquéfier l'air atmosphérique pour être en état d'en séparer les éléments.

Pour liquéfier un gaz, il faut, on le sait, refroidir ce gaz au-dessous de sa température critique, et le soumettre en même temps à l'action d'une pression suffisante. Ce n'est pas une petite affaire que ce refroidissement quand, comme c'est le cas pour l'air, il faut aller chercher ce point critique à — 140 degrés. Heureusement nous possédons dans la *détente* de l'air comprimé un moyen extrêmement puissant pour réaliser ce refroidissement.

Pourquoi la détente produit-elle du froid? parce que, pendant sa détente, l'air comprimé effectue toujours un certain travail, donc *cède* une partie de l'énergie qu'il détient. D'où cette conséquence évidente, que

plus grand sera le travail effectué par l'air pendant sa détente, et plus considérable sera son refroidissement.

Jusqu'en ces dernières années, le seul procédé employé pour effectuer la détente consistait à faire écouler, par un simple robinet, de l'air comprimé à 200 atm et plus (Hampson, Tripter, Linde, etc.).

La théorie démontre que, si l'air était un gaz parfait, il ne se produirait pendant cette détente aucun refroidissement, et que, s'il s'en produit un en réalité, on le doit tout simplement au travail *interne*, dû à ce que l'air, dans les conditions réalisées, n'est plus du tout un gaz parfait. C'est la détente *sans* travail extérieur.

Au lieu de faire écouler l'air comprimé par un simple robinet, sans, pour ainsi dire, lui opposer de résistance, au lieu d'en faire, pour ainsi parler, un simple « enfonceur de portes ouvertes », nous pouvons, au contraire, lui faire céder pendant sa détente tout le travail possible, en lui faisant pousser, par exemple, le piston d'une machine analogue à une machine à vapeur. Nous réalisons ainsi une détente *avec* travail extérieur. Le travail produit étant ici bien plus grand, l'effet frigorifique sera bien meilleur. Nous pouvons ainsi nous contenter de pressions de 30 à 40 atm, nous réaliserons une certaine *récupération* de l'énergie dépensée pour la compression, et, malgré les faibles pressions employées, le rendement pourra être bien meilleur.

Pourtant, en dépit de son extrême efficacité, la détente avec travail extérieur ne nous amènerait directement qu'à — 60 ou — 80 degrés au plus, et nous savons que, pour liquéfier l'air, il nous faut descendre au-dessous de — 140 degrés, température critique de ce gaz. On arrive à cette amplification du refroidissement par le procédé bien connu de l'*échangeur de températures*, indiqué par Siemens dès 1857.

Une machine de détente étant combinée avec un échangeur de température et alimentée d'air comprimé, la température ira en s'abaissant progressivement, et à un moment donné, théoriquement du moins, nous arriverons à la liquéfaction de l'air.

En pratique, il faut croire que la chose est moins facile, puisque nous avons à mentionner l'échec complet des nombreux expérimentateurs qui ont essayé de passer de la théorie à la pratique, et notamment de Solvay et de Linde. Ce dernier est même arrivé à la conclusion qu'en dépit de son efficacité théorique indéniable, la détente avec travail extérieur est inapplicable en pratique, en raison des difficultés graves qui s'opposent à la marche d'une machine de détente à la température de l'air liquide.

Persuadé que, quand une chose est possible de par la théorie, il est presque toujours possible de la réaliser pratiquement, encouragé d'ailleurs par les conseils précieux de M. d'Arsonval et du regretté M. Potier. M. Claude a repris à son tour des études dans cette voie.

Grâce aux propriétés remarquables d'incongelabilité de l'éther de pétrole, il lui a été possible de résoudre très simplement le problème de la lubrifaction aux basses températures, qui avait été la grosse pierre d'achoppement de ses prédécesseurs; l'air liquide se chargeant ensuite de graisser la machine dès que la température de liquéfaction y est atteinte, il a pu obtenir la marche indéfinie des machines de détente à

air liquide dans des conditions de facilité et de régularité absolument comparables à celles des machines à vapeur, et avec des pressions ne dépassant pas 30 ou 40 atm.

Pourtant, réduit à ces seules bases, le problème ne serait pas encore résolu. D'abord, l'air liquide n'est pas un très bon lubrifiant, et l'autolubrifaction ne va pas sans un relèvement notable des frottements, ni, par conséquent, sans la destruction correspondante d'une partie du liquide formé. En outre, la température finale de la détente est nécessairement de — 190 degrés, puisque cette détente, terminée à la pression atmosphérique, s'accompagne de la liquéfaction d'une partie de l'air détendu. La partie non liquéfiée de l'air détendu, quittant la machine à cette température très basse de — 190 degrés pour pénétrer dans l'échangeur, va donc refroidir très énergiquement l'air comprimé, qui arrivera ainsi à la machine vers — 130 ou — 135 degrés, c'est-à-dire *au voisinage immédiat* de sa *liquéfaction*. Ce ne sera pas encore un liquide qui pénétrera dans la machine, mais ce ne sera presque plus un gaz; ses qualités d'élasticité seront presque annihilées. Et la détente avec travail extérieur, basée tout entière sur le travail d'expansion de l'air comprimé, ne pourra fournir ici que de déplorables résultats.

M. Claude expose que, pour les améliorer, il a imaginé d'intercaler sur le trajet de l'air détendu sortant de la machine, et avant son entrée dans l'échangeur, ce qu'il appelle un *liquéfacteur*, c'est-à-dire un faisceau tubulaire alimenté par une partie de l'air comprimé et froid du circuit d'alimentation de la machine. Sous l'effet combiné de sa pression et de la température très basse de l'air détendu qui circule autour de lui, cet air va se liquéfier, mais, en raison de sa pression, il va se liquéfier vers — 140 degrés seulement. L'air détendu extérieur, qui doit céder à l'air comprimé, pour le liquéfier, une partie de son froid, se réchauffera donc jusque vers — 140 degrés. Pénétrant dans l'échangeur à cette température, et non plus à — 190 degrés, il refroidira beaucoup moins l'air comprimé, et le but sera atteint.

Dans ces conditions, toute la liquéfaction, au lieu de s'accomplir dans la machine, sera reléguée dans le liquéfacteur. Il faudra donc ici ne plus compter sur l'autolubrifaction et graisser d'une manière permanente à l'éther de pétrole, mais ceci même sera un avantage de plus puisque l'air liquide n'est, a-t-il été dit, qu'un médiocre lubrifiant.

C'est ce perfectionnement si simple de la *liquéfaction sous pression* qui a permis de rendre pratique la détente avec travail extérieur et d'atteindre des rendements déjà supérieurs aux meilleurs obtenus par la détente sans travail extérieur — et, d'ailleurs, susceptibles d'être encore relevés par des perfectionnements en cours d'étude.

M. G. Claude en arrive alors à l'extraction de l'oxygène, basée, comme on sait déjà, sur la très grande différence des volatilités de l'oxygène et de l'azote. Lorsque de l'air liquide s'évapore, l'azote part surtout au début, l'oxygène à la fin. En même temps, la température d'ébullition du liquide se relève et, partie de — 193 degrés, aboutit au point d'ébullition de l'oxygène pur, soit — 180° 5. Donc, remarque capitale, l'air liquide est d'autant plus froid qu'il est plus riche en azote : ceci donnera la clef de son rôle dans la *rectification*.

Ainsi, voilà un premier procédé d'obtention de l'oxygène : on évaporera de l'air liquide, on recueillera à part les dernières parties de l'évaporation. Seulement, beaucoup d'oxygène s'échappe, au cours de l'évaporation, à des teneurs inutilisables. Si on voulait fabriquer, par ce procédé, de l'oxygène titrant 90 0/0 seulement, on n'en pourrait recueillir plus de 20 litres par kilogramme d'air liquide évaporé. Cela mettrait le prix du mètre cube à 50 chevaux-heures, trois fois plus que par l'électrolyse.

Le principe de la récupération du froid, signalé en 1892, par Parkinson, va permettre de changer tout cela.

Au lieu d'évaporer l'air liquide sur un foyer, ou par la seule chaleur ambiante, qui y suffit amplement, on se sert d'un dispositif identique à celui réalisé dans l'industrie dans l'évaporation de la vapeur. Un faisceau tubulaire est immergé dans le liquide à évaporer. De l'air comprimé à 3 ou 4 atmosphères arrive dans ce faisceau, déjà refroidi à sa température de liquéfaction par sa circulation dans un échangeur, en sens inverse des gaz vaporisés dont il retient le froid. Cet air se liquéfie en provoquant la vaporisation du liquide extérieur, et la quantité d'air liquide qui se reconstitue est sensiblement équivalente à celle qui s'évapore. L'appoint à fournir par la machine à air liquide pour combler le déficit est très faible, et chaque litre d'air liquide fourni par cette machine peut ainsi arriver à traiter — dans les grands appareils — jusqu'à 25 ou 30 kg d'air atmosphérique ! A mesure que l'air liquide extérieur s'évapore, la teneur des gaz vaporisés, partie de 7 0/0, s'élève. Dès qu'elle est jugée suffisante, on recueille l'air suroxygéné produit. L'appareil ainsi conçu est discontinu, mais rien n'est plus facile que de le rendre continu.

Tous les procédés proposés, comme le précédent, présentent comme caractéristique commune de nécessiter la *liquéfaction totale* de l'air traité, ce qui offre de graves inconvénients. Ce mode opératoire a son origine dans l'erreur surprenante de Dewar et Linde. D'après ces savants, alors que l'évaporation de l'air liquide fournit d'abord surtout de l'azote, ensuite de l'oxygène, pendant la condensation, au contraire, il n'y aurait aucun effet sélectif, d'où la nécessité de pousser celle-ci jusqu'au bout et de faire porter tout l'effort de la séparation sur la vaporisation ultérieure du liquide à 21 0/0 ainsi obtenu.

M. Claude dit qu'il a pu montrer que cette théorie est erronée. Comme pour tous les mélanges gazeux, le phénomène de la condensation de l'air est l'inverse de celui de sa vaporisation, et si l'on astreint de l'air à se liquéfier progressivement, les premières parties du liquide formés ont particulièrement riches en oxygène.

M. Claude a pu appliquer ce fait dans des conditions infiniment avantageuses, grâce au dispositif de la liquéfaction partielle avec retour en arrière : l'air froid sous pression, lors de son ascension dans un faisceau immergé dans le liquide à évaporer, se liquéfie partiellement, les parties liquides refluant, dès leur formation, en sens inverse des gaz ascendants et les épuisant en oxygène, en sorte que l'air à traiter abandonne un liquide détenant la totalité de l'oxygène et pouvant titrer jusqu'à 48 0/0, tandis que plus de moitié de cet air s'échappe à la partie

supérieure, à l'état d'*azote* pratiquement *pur* et sans avoir eu besoin d'être liquéfié.

Dans ce qui précède, l'ambition s'est bornée à l'air suroxygéné, seul résultat que permette la vaporisation fractionnée. Elle va se hausser maintenant jusqu'à l'oxygène pur, grâce à l'entrée en scène des procédés de *rectification*.

L'application des principes de la rectification à ce mélange de deux fluides aussi différemment volatifs est évidente *a priori*. Aussi s'est-elle présentée à l'idée de tous ceux qui se sont occupés de l'air liquide et, en 1902, le professeur Linde a-t-il pu indiquer la possibilité d'appliquer, textuellement, à l'extraction de l'oxygène les colonnes ordinaires de rectification.

Dans le système, remarquable de simplicité, imaginé par un collaborateur de M. G. Claude, M. R. Lévy, de l'oxygène liquide pur se vaporise en provoquant la liquéfaction totale d'air froid sous pression. Une partie de l'oxygène vaporisé est soutiré à l'extérieur pour être utilisé; le reste monte dans une colonne de rectification ordinaire en sens inverse et au contact du liquide récupéré à 21 0/0, qui est déversé en haut de la colonne et s'écoule de plateau en plateau. Dans sa descente, cet air liquide, en raison de la température très basse qu'il doit à sa teneur élevée en azote, condense énergiquement l'oxygène des gaz ascendants, tandis que de l'azote se vaporise. Ce liquide descendant s'enrichit donc progressivement et arrive au bas à l'état d'oxygène liquide absolument pur.

Dans ce procédé, les deux tiers de l'oxygène de l'air traité sont recueillis à l'état pur. On ne peut lui reprocher que de laisser échapper en haut de la colonne de l'azote souillé, comme dans tous les procédés basés sur la liquéfaction totale, de 7 0/0 d'oxygène.

Il s'agit de retenir ces 7 0/0 de manière à obtenir, d'une part, de l'azote pur dont l'utilité industrielle est considérable, et à réaliser, d'autre part, l'intégralité du rendement en oxygène.

M. Claude dit qu'il a pu arriver à ce résultat dans des conditions de simplicité très grande en combinant avec la rectification, son procédé de retour en arrière. L'air à traiter arrive à la partie inférieure d'un faisceau immergé dans le liquide à évaporer, qui est ici encore de l'oxygène liquide pur.

En montant dans ce faisceau, il se liquéfie partiellement en donnant un liquide détenant tout l'oxygène et pouvant titrer jusqu'à 48 0/0 et un résidu gazeux formé d'azote pratiquement pur. Celui-ci, pénétrant de haut en bas dans un second faisceau concentrique au premier, achève de s'y liquéfier en fournissant, en conséquence, de l'azote liquide.

Le liquide riche formé dans le premier faisceau est envoyé, grâce à sa pression, se déverser d'une façon continue à la partie médiane de la colonne de rectification, et épuise les gaz ascendants jusqu'à concurrence de 21 0/0.

L'azote liquide est déversé tout à fait au sommet de la colonne et soumet les gaz à 21 0/0 de la première rectification à une rectification complémentaire qui les épuise complètement en oxygène. La totalité de l'azote, à l'état pratiquement pur, sort donc au sommet de la colonne;

la totalité de l'oxygène, à un état de pureté analogue, sort au niveau du vaporiseur. Ainsi, dit M. G. Claude, est réalisée, par des moyens dont on appréciera la simplicité, la séparation intégrale de l'air en oxygène pur et azote pur.

Deux appareils fonctionnent sur ces bases à l'usine de la Société l'Air liquide, à Boulogne-sur-Seine : l'un peut fournir par jour 700 mètres cubes, l'autre 1 000 mètres cubes d'oxygène à 96-98 0/0. M. G. Claude se propose, d'ailleurs, d'y convier les membres de la Société des Ingénieurs Civils dans quelques semaines.

Il pense qu'ils seront favorablement impressionnés par la facilité et la régularité de la marche de ces appareils et par la faiblesse relative de leurs dimensions, et que cette visite les convaincra plus que toute espèce de raisonnements, de l'imminence d'une révolution qui s'étendra à toutes les branches de l'industrie et dont on appréciera l'importance, quand on saura que l'ambition de la nouvelle industrie est de multiplier par 20 ou 30 l'efficacité des actuels procédés d'obtention de l'oxygène.

En terminant, M. G. Claude adresse ses remerciements les plus profondément sincères à tous ceux qui l'ont aidé dans la tâche qu'il avait entreprise; il exprime le vœu que l'industrie française lui accorde le concours bienveillant grâce auquel cette nouvelle branche de la technique industrielle pourra porter ses meilleurs fruits dans le pays qui l'a vue naitre, de par les beaux travaux de notre illustre compatriote, M. Cailletet.

M. Ch. Bardot qui, depuis septembre 1904, fabrique de l'air liquide et de l'oxygène par les procédés de M. Linde, dit que c'est en juillet 1895 que ce professeur est arrivé à mettre au point l'appareil à détente et à contre-courant pour obtenir industriellement l'air liquide; qu'à l'Exposition de 1900, M. Linde ne cachait pas aux visiteurs de son installation qu'en cherchant la liquéfaction de l'air en 1895, il ne poursuivait pas d'autre but que la séparation de l'air en ses deux éléments au moyen de la distillation. Il montrait en même temps qu'en laissant évaporer l'air liquide, le résidu obtenu était assez riche en oxygène pour déterminer avec le fulminate de mercure l'explosion du coton arrosé avec ce liquide.

Deux ans avant, en 1898, pour le percement du Simplon, il avait installé à l'entrée du tunnel une fabrique d'air liquide, donnant, par une rectification discontinue, l'oxygène utilisé aux essais d'abatage par ce nouvel explosif qu'il avait dénommé « l'oxyliquit ».

En 1902, au Congrès des Ingénieurs allemands à Dusseldorf, M. Linde donnait la description de l'appareil continu qu'il employait pour la séparation de l'air en ses deux elements (les textes originaux se trouvent à la bibliothèque de la Société dans le *Journal de l'Association des Ingénieurs allemands*, de 1902).

M. Linde expliquait d'abord qu'il produisait l'air liquide au moyen du froid de détente de l'air comprimé, air dont il abaissait graduellement la température avec un appareil à contre-courants.

Il rappelait ensuite que l'azote bout à — 195 degrés et l'oxygène à — 182 degrés, soit entre les deux points d'ébullition une différence de

13 degrés qu'on pouvait utiliser pour obtenir la séparation des deux éléments par rectification.

Sa communication est illustrée de figures, et sa figure 7 donnait la forme actuelle du rectificateur qu'il employait en faisant remarquer que ce rectificateur était au centre même de l'appareil à contre-courants.

Ce dessin n° 7 permet de suivre exactement la marche des opérations. L'air comprimé est amené dans le pied du rectificateur, à l'intérieur d'un faisceau tubulaire de forme un peu spéciale; refroidi extérieurement par de l'oxygène liquide. Ce faisceau tubulaire spécial est précisément celui représenté en ce moment par M. Claude sous l'étiquette « Distillation par la vapeur ».

L'air se condense dans ce faisceau tubulaire, ruisselle dans la partie inférieure de ce faisceau, et, de là, remonte, liquéfié à la tête de la colonne de rectification où il se déverse d'une façon ininterrompue.

M. Linde ajoutait en propres termes : « Cette colonne de rectification est de forme quelconque, elle pourrait même, comme l'indique Hempel, être simplement formée d'un vase cylindrique rempli de perles de verre ».

L'air liquide, en descendant dans cette colonne, rencontre les produits vaporisés de la bouillotte inférieure d'oxygène. Ces vapeurs s'analysent dans le liquide descendant, l'oxygène se liquéfiant dans le liquide et vaporisant une quantité équivalente d'azote qui passe dans le courant gazeux.

« Ce courant gazeux, disait encore textuellement le professeur Linde, s'échappe en haut de la colonne de rectification avec une teneur de 7 0/0 d'oxygène. »

Une description faite avec autant de précision et sur les moyens employés et sur les résultats obtenus ne laisse aucun doute sur l'état de la question au milieu de l'année 1902, lors du Congrès de Dusseldorf.

M. Claude a demandé six mois après (en janvier 1903) son premier brevet, puis, un an après (le 3 juin 1903) en collaboration avec M. Lévy, un nouveau brevet pour la séparation de l'air en ses éléments au moyen d'une colonne de rectification.

Donc en 1902, à l'époque du Congrès de Dusseldorf, M. Linde fabriquait déjà industriellement en Allemagne l'oxygène par distillation de l'air liquide.

Au mois de janvier 1904, M. Bardot ayant vu à Munich, chez M. Linde, un appareil produisant 40 m³ à l'heure d'oxygène, et ayant constaté que le gaz sortait de cet appareil à 98 0/0 de pureté, a fait installer chez lui, à Paris, un appareil semblable pour retirer l'oxygène de l'air. Son usine a été mise en marche en septembre 1904, et depuis elle fonctionne de jour et de nuit sans interruption. A la fin de ce mois, une seconde installation doit être mise en service.

M. Bardot ajoute que ces appareils travaillent normalement à 70 kg de pression seulement, et souvent à moins, et que pour une petite installation de 2 m³ d'oxygène à l'heure la force nécessaire par mètre cube d'oxygène est de 5 ch, tandis que pour une installation de 1 000 m³ à l'heure, la force ne serait que de 1,50 ch. En comptant le cheval 0,03 f

le prix de revient de l'énergie nécessaire à la fabrication de 1 m³ d'oxygène varie entre 0,15 f et 0,045 f.

On peut donc dire que, dans les différents éléments qui établissent le prix de revient de 1 m³ d'oxygène, le prix de l'énergie employée pour produire cet oxygène est désormais, avec les appareils Linde, quantité négligeable, les charges du capital et les frais généraux d'administration ont, de beaucoup, l'influence prépondérante.

M. G. Claude répond qu'au cours de sa conférence, il s'est suffisamment attaché à rendre hommage aux travaux du docteur Linde pour n'avoir rien à ajouter à ce sujet.

En ce qui concerne la technique de ses procédés, il croit en avoir assez nettement démontré l'originalité et les avantages, aussi bien en ce qui concerne la fabrication de l'air liquide qu'en ce qui a trait à l'utilisation de cet air liquide à l'extraction de l'oxygène.

M. G. Claude serait, d'ailleurs, extrêmement satisfait qu'une discussion puisse être ouverte devant la Société, au sujet des différents points de sa communication qui pourraient donner lieu à controverse.

M. le Président félicite M. G. Claude pour ses travaux et pour ses expériences qui ont fait faire un si grand pas à la fabrication et aux applications de l'air liquéfié. C'est avec le plus grand plaisir que la Société des Ingénieurs Civils de France se rendra à son aimable invitation, pour visiter l'usine de Boulogne-sur-Seine.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. M.-L.-A. Bidaut et F.-S. Frédureau, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. J.-A. Bride, A.-E. Brillié, A.-G. Considère, E.-A. Le Doyen, G.-P. Longuemare, M.-A. Phinstag, P.-Ch.-J. Renaud, P.-H. Ziegler sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires et M.-L. Bourgeois, comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

L'un des Secrétaires techniques :
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 DÉCEMBRE 1905

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. L. Coiseau, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président, avant de donner la parole à M. le Trésorier, est heureux d'annoncer que notre ancien Président, M. G. Dumont, vient d'être nommé Officier de la Légion d'Honneur, à l'occasion de l'inauguration du Musée préventif des Accidents du Travail.

Il lui adresse les félicitations de la Société.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, a la parole pour la lecture de son Rapport annuel sur la situation financière. Il s'exprime ainsi :

Messieurs,

Le 30 novembre 1904, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 690
Du 1er décembre 1904 au 30 novembre 1905, les admissions ont été de	136
formant un total de	3 826
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès, démissions et radiations	155
Le total des Membres de la Société, au 30 novembre 1905, est ainsi de	3 671
Il a donc diminué, pendant l'année, de	19

C'est la première fois, depuis plusieurs années, que notre situation se traduit par une diminution au lieu d'une augmentation du nombre des membres.

Cette diminution est due en partie aux causes que je n'ai cessé de vous signaler depuis un certain nombre d'années déjà et surtout au nombre relativement considérable de radiations que nous avons dû opérer au cours de l'Exercice et dont une partie était le reliquat des exercices précédents.

Permettez-moi donc d'insister, d'une façon toute spéciale, auprès de chacun de vous pour que vous vouliez bien faire la propagande nécessaire pour nous amener tous les Ingénieurs susceptibles de faire partie de notre Société.

Ce n'est que par le groupement et par l'augmentation du nombre de ses membres que notre Société pourra de plus en plus accroître l'influence à laquelle elle a droit.

Nous allons maintenant passer à l'examen du Bilan.

Le Bilan au 30 novembre 1905 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	469 703,75
2° Caisse (Espèces en caisse)		4 129,50
3° Débiteurs divers		60 689,45
4° Prix Henri Schneider 1917		28 237 »
5° Amortissement de l'Emprunt		3 000 »
6° Bibliothèque		11 000 »
7° Immeuble		930 912,04
Total	Fr.	1 507 671,74

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	16 022,10
2° Prix divers de 1906 et suivants		8 944,15
3° Prix Henri Schneider 1917		28 237 »
4° Emprunt		582 000 »
5° Tirage obligations 1905		3 000 »
6° Coupons échus et à échoir		16 758,45
7° Fonds de secours		3 140,15
	Fr.	658 101,85
Avoir de la Société		849 569,89
Total	Fr.	1 507 671,74

ACTIF.

Nos comptes *Fonds inaliénables* et *Caisse* n'appellent aucune observation.

Le compte *Débiteurs divers* présente, à peu de chose près, la même situation que l'année dernière. Toutefois, en ce qui concerne le compte *Cotisations 1905 et années antérieures*, nous avons dû lui faire subir une réduction relativement plus forte encore que les années précédentes, et cela par suite de la difficulté croissante que nous ressentons à faire rentrer les cotisations arriérées.

Je fais donc un pressant appel à tous ceux de nos Collègues qui n'ont pas encore réglé leur cotisation pour leur demander de se mettre en règle envers la Trésorerie et surtout à ceux en retard de deux ou trois cotisations, car il y a là pour nous une cause de dépenses qu'il serait facile, croyons-nous, d'éviter.

Le compte *Prix Henri Schneider 1917* n'appelle aucune observation et s'augmente régulièrement chaque année des intérêts cumulés, en vue de sa distribution en 1917. Il a, du reste, sa contre-partie au Passif.

Il en est de même du compte *Amortissement de l'Emprunt*.

Vous remarquerez que le compte *Amortissement de prêts*, qui figurait l'année dernière pour une somme de 12 300 f, a entièrement disparu cette année. En effet, ce compte était la représentation d'une partie d'une somme de 15 000 f qui nous restait encore à payer à un prêteur, somme que nous avons entièrement remboursée au cours de l'Exercice, y compris les intérêts, la différence (environ 3 300 f) ayant été prélevée sur les ressources ordinaires de l'Exercice.

Le compte *Bibliothèque* et le compte *Immeuble* n'appellent aucune observation.

PASSIF.

Créditeurs divers. — Ce compte est inférieur à l'année dernière.

Cette réduction provient, ainsi que nous venons de le dire, du remboursement d'une somme de 15 000 f que nous avons effectué au cours de l'Exercice 1905, mais nous avons dû porter à ce compte certaines prévisions de dépenses, ce qui fait que la diminution ainsi obtenue n'est pas toutefois de 15 000 f.

Les *Prix divers 1906* et le *Prix Henri Schneider 1917* n'appellent aucune observation.

Le compte *Emprunt*, c'est-à-dire le solde restant dû sur notre Emprunt, a été encore réduit de 3.000 f, provenant du remboursement des obligations sorties au tirage 1904.

Au cours de ce même Exercice, nous avons entièrement payé les obligations sorties aux précédents tirages et dont certains de nos Collègues n'étaient pas encore venus demander le remboursement.

Les *Coupons échus et à échoir* ne donnent lieu à aucune observation, pas plus d'ailleurs que le compte *Fonds de secours*.

BILAN AU

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Nozo	Prix	Fr. 6 000 »	
b. Fondation Michel Alcan	—	4 317,50	
c. Fondation Coignet	—	4 285 »	
d. Don Couvreux	—	4 857,75	
e. Legs Gottschalk	—	10 000 »	
f. Don G. Canet	—	36 026,95	
g. Legs Giffard	Prix et Secours	50 372,05	
h. Donation Hersent	—	20 000 »	
i. Donation Schneider	Secours	100 512 »	
j. Don anonyme	—	6 750 »	
k. Don Normand	—	3 249,80	
l. Legs Roy		873,50	
m. Legs de Hennaü		96 982,50	
n. Legs Huet		67 119 »	
o. Legs Mayer		13 612,50	
p. Legs Faliès		4 768,85	
q. Legs Meyer (nue propriété)		10 000 »	
r. Legs Hunebelle		29 976,35	
			469 703,75
2° Caisse : Solde disponible		Fr.	4 129,50
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1905 et années antérieures (après réduction d'évaluation)		Fr. 5 648 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt		50 194,40	
Divers		4 847,05	
			60 689,45
4° Prix Henri Schneider 1917		Fr.	28 237 »
5° Amortissement de l'Emprunt			3 000 »
6° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.			11 000 »
7° Immeuble :			
a. Terrain		Fr. 369 160,30	
b. Construction		477 892,12	
c. Installation		35 237,08	
d. Ameublement et Matériel		48 622,54	
			930 912,04
		Fr.	1 507 671,74

30 NOVEMBRE 1905

PASSIF

1° Créditeurs divers :

Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours. Fr.	5 500 »	
Créditeurs divers	10 522,10	
		16 022,10

2° Prix divers 1906 et suivants :

a. Prix Annuel. Fr.	Mémoire	
b. Prix Nozo	820,80	
c. Prix Giffard 1905, prorogé 1908	3 000 »	
d. Prix Giffard 1908	1 257,60	
e. Prix Michel Alcan	263,50	
f. Prix François Coignet	300,05	
g. Prix Alphonse Couvreux	235,40	
h. Prix A. Gottschalk	1 172,85	
i. Prix G. Canet	1 443,95	
j. Prix H. Hersent	450 »	
		8 944,15

3° Prix Henri Schneider 1917 Fr.	28 237 »
4° Emprunt	582 000 »
5° Tirage Obligations 1905	3 000 »

6° Coupons échus et à échoir :

N°s 6 à 15.	1er janvier 1899 à 1er juillet 1903 . . Fr.	1 078,35	
N° 16.	1er janvier 1904	182,60	
N° 17.	1er juillet 1904	553,60	
N° 18.	1er janvier 1905	868,60	
N° 19.	1er juillet 1905	3 020,30	
N° 20.	1er janvier 1906	11 055 »	
			16 758,45

7° Fonds de secours	3 140,15
Fr.	658 101,85
Avoir de la Société	849 569,89
Fr.	1 507 671,74

En résumé, alors que l'Avoir de notre Société était de 836 952,25 f au 30 novembre 1904, il est, au 30 novembre 1905, de 849 569,89, soit une augmentation de 12 617,64 f, représentant les résultats de l'Exercice qui vient de s'écouler.

Après vous avoir ainsi donné des explications relatives aux comptes que je viens de vous présenter, je dois ajouter quelques mots :

Notre Président, M. L. Coiseau, et notre Collègue, M. Emile-Ch.-M. Vallot, nous ont fait abandon : le premier du montant total d'une obligation sortie au tirage 1904, et le second de la moitié de la valeur d'une obligation sortie dans les mêmes conditions.

Nous avons également reçu, pour le Fonds de secours, un certain nombre de sommes assez importantes de la part de M. R. Grosdidier, 64 f, M. E. Beaupré, 400 f, et de Mme veuve Monchot, M. Guerra-Romero, M. Regnier et M. Frey, ensemble 113,80 f, et de l'un de nos doyens d'âge, M. J. Gaudry, 1 000 f.

Je me permets de leur adresser ici mes plus vifs remerciements pour le témoignage de sympathie qu'ils ont donné à notre Société, nous permettant ainsi de distribuer de plus larges sommes, malheureusement encore insuffisantes, pour venir en aide à ceux de nos Collègues qui sont dans la nécessité de recourir momentanément à notre appui.

C'est là, Messieurs, une affectation que nous ne saurions trop encourager, car, s'il peut être agréable à certains de nos Collègues de recevoir, chaque année, des Prix ou Médailles fondés par de généreux donateurs, il est encore bien plus utile que la Société puisse disposer plus largement de fonds destinés à soulager ceux qui souffrent.

Du détail du Bilan, il résulte certainement que, comme les années précédentes, la situation n'est pas mauvaise. Cependant l'augmentation annuelle de notre capital est relativement réduite. Il importe donc à tous de nous aider par l'augmentation constante du nombre de nos Collègues, en nous amenant de nouveaux adhérents, et en nous facilitant la diminution de certaines dépenses qui ne sont pas absolument indispensables à la bonne marche de la Société.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des Comptes qui viennent d'être présentés.

Les Comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est sûr d'être l'interprète des Membres de la Société en adressant de sincères félicitations à M. le Trésorier pour la façon claire et précise avec laquelle il a établi les comptes qui viennent d'être présentés.

Il le remercie pour les services dévoués et continus qu'il rend à la Société en surveillant ses intérêts.

M. le Président rappelle que, dans la présente Assemblée, il y a lieu de procéder, pour la quatrième fois, au tirage de six obligations pour remboursement de l'emprunt de 1896.

Il demande à l'Assemblée de désigner, avec l'un des Secrétaires techniques, deux Scrutateurs pour procéder à ce tirage.

Sont désignés : MM. Ch. Gallois, H.-V. Brulé et J. Deschamps, Secrétaire technique.

Le tirage est effectué dans une salle contiguë.

M. le Président donne connaissance des numéros des Obligations de l'emprunt qui viennent de sortir, et qui seront remboursables à partir du 1er janvier 1906.

Ces numéros sont les suivants : 77, 171, 235, 326, 351, 756.

Puis il est procédé à l'élection des Membres du Bureau et du Comité à nommer en remplacement des Membres sortant en 1906.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

Vice-Président (devenant Président en 1907) : M. E. Cornuault.

Ire Section

Travaux publics et privés.

MM. Laurent, Ed., *Membre.*
Doat, H., —

IIe Section

Industrie des Transports.

MM. de Fréminville, Ch. *Présid.*
de Bovet, *Membre.*
Herdner, A., —

IIIe Section

Mécanique et ses applications.

MM. Avisse, Ed., *Membre.*
Soreau, R., —

IVe Section

Mines et Métallurgie.

MM. Reumaux, E., *Président.*
Bergeron, J., *Membre.*
Guillet, L., —

Ve Section

Physique et Chimie industrielles.

MM. Barbet, E.-A., *Membre.*
Calmettes, Ed., —

VIe Section

Industries électriques.

MM. Postel-Vinay, A., *Membre.*
Pinat, Ch., —

La séance est levée à onze heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,
J. Deschamps.

LA SOUDURE AUTOGÈNE DES MÉTAUX

PAR

P. DUMESNIL

Historique.

La soudure autogène n'est pas une question nouvelle en elle-même car depuis longtemps déjà elle a été réalisée pour les métaux tels que le plomb, dont le point de fusion n'est pas élevé.

Comme son nom l'indique, la soudure autogène consiste à souder ensemble deux fragments d'un même métal, sans avoir recours à l'adjonction d'un métal étranger.

C'est le grand chimiste Kuhlmann qui, le premier, la fit appliquer pour le plomb en France, il y a plus de cinquante ans; il était allé auparavant étudier sur place, en Angleterre, les procédés employés dans ce but pour la construction des chambres à acide sulfurique.

Pour le plomb la question est relativement simple ; ce métal entrant en fusion vers 300 ou 400 degrés, un chalumeau alimenté par l'hydrogène et l'air suffit amplement et donne facilement la température voulue.

Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de métaux comme le cuivre et surtout comme le fer et l'acier; il fallut alors avoir recours à d'autres procedés susceptibles de produire des températures beaucoup plus élevées.

L'un des premiers auquel on songea naturellement, fut l'arc électrique, mais les difficultés d'application et le coût élevé de l'installation empêchèrent cette méthode de se développer comme on aurait pu le croire.

On eut alors l'idée d'utiliser la haute température produite par la combustion des deux gaz oxygène et hydrogène, et différents chalumeaux furent imaginés dans ce but. Ce système de soudure autogène est encore employé à l'heure actuelle et nous aurons l'occasion d'y revenir lorsque nous étudierons les avantages et les inconvénients des différents systèmes.

Enfin, il y a une dizaine d'années, MM. Violle et Le Chatelier firent une communication à l'Académie des Sciences dans laquelle ils signalaient la température considérable produite par la combustion de l'oxygène et de l'acétylène mélangés dans des proportions convenables : *c'était le principe de la soudure oxyacétylénique.*

Il faut reconnaître que si l'emploi de la soudure autogène ne s'est développé que depuis quelques années, cela tient probablement à ce que les premiers essais ne furent pas satisfaisants, et aussi aux difficultés qu'il pouvait y avoir à faire brûler sans danger, à l'extrémité d'un chalumeau, deux gaz qui, s'ils avaient brûlé en vase clos, auraient produit une détonation violente; cette dernière remarque s'applique d'ailleurs aussi bien au mélange oxygène et hydrogène qu'au mélange oxygène et acétylène.

Production de l'oxygène.

Bien qu'il ne rentre pas dans le cadre de cette étude de décrire les moyens de production des gaz employés pour la soudure autogène, il est cependant intéressant de signaler en passant les procédés industriels utilisés pour fabriquer l'oxygène, ce gaz étant employé aussi bien dans la soudure oxhydrique que dans la soudure oxyacétylénique.

Les deux sources productrices d'oxygène sont l'eau et l'air. Les procédés électrolytiques destinés à retirer l'oxygène de l'eau sont nombreux, du moins quant aux appareils employés; ils ont fait leurs preuves à l'heure actuelle et on sait ce que l'on est en droit d'en attendre.

Quant aux méthodes consistant à extraire l'oxygène de l'air, elles sont de diverses sortes; les méthodes chimiques d'une part, basées sur la désoxydation de composés extra-oxygénés (procédés au manganate, au plombate, etc.) et enfin les méthodes basées sur l'air liquide, consistant, en principe, à fractionner cet air liquide dans des sortes de colonnes de distillation (procédés Linde, Claude, Pictet, etc.).

Soudure oxhydrique et soudure oxyacétylénique.

L'oxygène et l'hydrogène se livrent couramment dans le commerce, comprimés à plus ou moins grande pression, dans des

tubes ou bouteilles en acier, dont le maniement est assez facile; il a donc suffi, au moyen de robinets à pointeau et de détendeurs, de ramener ces gaz à une pression convenable, et de les envoyer, par deux canalisations distinctes, dans un chalumeau quelconque; il n'y avait plus qu'à les allumer à la sortie du chalumeau; le problème était facile à résoudre dans ce cas particulier puisque les gaz étant livrés sous pression, ils arrivaient et se mélangeaient d'eux-mêmes dans le chalumeau.

On chercha à procéder de même avec l'acétylène et, dans ce but, on imagina un générateur débitant l'acétylène à une pression suffisante pour lui permettre de se mélanger dans un chalumeau *ad hoc* avec l'oxygène provenant d'une bouteille livrée par le commerce.

On eut aussi l'idée de comprimer l'acétylène dans une bouteille comme on le faisait pour l'oxygène et l'hydrogène, et afin d'éviter les dangers d'explosion toujours fort à craindre avec l'acétylène sous pression, ce gaz fut dissous dans de l'acétone, corps servant simplement de véhicule, et permettant un maniement plus facile des bouteilles.

Enfin on construisit des chalumeaux dans lesquels on se servait d'oxygène sous pression, mais où l'acétylène nécessaire pouvait être produit par un générateur quelconque ne donnant pas plus de 10 à 12 cm d'eau de pression; les dits chalumeaux se composent principalement soit d'un injecteur Giffard, dans lequel la vapeur est remplacée par l'oxygène et l'eau par l'acétylène (système Fouché), soit d'une succession de trompes d'Alvergnat (système « le Simplex »).

Cependant, il était intéressant et commode pour l'industrie, et ce ne pouvait que permettre à la soudure oxyacétylénique de se développer, d'imaginer et de créer un ensemble véritablement pratique, un poste complet de soudure autogène véritablement simple et d'usage commode, dont les différents éléments eussent été combinés ensemble pour permettre un travail courant d'atelier, exempt de tout danger, économique et facile.

Le croquis *(fig. 1*, page 655) représente une installation de soudure autogène par l'oxygène et l'acétylène répondant à ce désidératum.

Description des différents systèmes de soudure autogène.

Avant d'entrer dans la description des différents éléments composant un poste de soudure, nous allons rapidement passer en revue les différents systèmes qui peuvent être employés pour faire de la soudure autogène en montrant leurs principaux avantages et inconvénients.

Ce sont, principalement, comme nous l'avons vu :

L'arc électrique;
L'oxygène et l'hydrogène;
L'oxygène et l'acétylène.

Soudure autogène par l'arc électrique.

On pourrait se demander *a priori* si la soudure à l'arc électrique, dans le cas où elle est réalisable, ne conserverait pas quelque supériorité sur les autres systèmes; nous ne le pensons pas; en effet, l'arc électrique place le métal à souder dans un milieu exceptionnellement carburant, dû au transport de charbon entre les électrodes, ce qui aigrit le métal en le surcémentant; de plus, ce procédé, dont les applications sont limitées, nécessite un matériel très coûteux; enfin, le maniement des électrodes est dangereux et incommode.

Cependant un procédé récent détermine la soudure électrique par l'échauffement des deux parties métalliques en contact; mais dans ce cas encore il arrive que la brutalité de l'effet calorifique nuit à la solidité de la soudure qui n'est pas malléable.

Soudure autogène par l'oxygène et l'hydrogène ou oxhydrique.

Nous nous plaisons à reconnaître que le chalumeau oxhydrique a déjà rendu des services importants et qu'il a permis, entre les mains d'ouvriers habiles, de réussir des assemblages de tôle de fer ou d'acier, comme on ne l'avait fait auparavant que pour le plomb; mais l'emploi du chalumeau oxhydrique est très délicat et nécessite une grande habitude et beaucoup de soins; en effet, avec la flamme transparente et presque incolore du mélange oxhydrique, combien imperceptibles sont les chan-

gements d'aspect correspondant au passage de la flamme réductrice à la flamme oxydante, c'est-à-dire d'un bon travail sur métal sain, au collage insuffisant de deux pièces de métal brûlé.

De plus, son emploi se trouve limité fréquemment par l'insuffisance de la température obtenue qui est de plus de 1 000 degrés inférieure à celle du dard oxyacétylénique; enfin, et c'est là peut-être la principale raison pour laquelle la soudure oxhydrique tend à disparaître de plus en plus des ateliers, son emploi est extrêmement coûteux, comme nous le montrerons plus loin.

Soudure autogène par l'oxygène et l'acétylène ou oxyacétylénique.

Nous avons signalé précédemment le système comportant un chalumeau fonctionnant avec une forte pression d'acétylène; les inconvénients correspondants sont nombreux : en effet, la nécessité d'opérer avec une pression élevée rend impraticable dans un atelier l'emploi du chalumeau amorcé directement sur la conduite d'un générateur à acétylène; en raison des dangers que présente la fabrication directe de l'acétylène sous forte pression, cette fabrication est réglementée d'une façon très rigoureuse.

Emploi de l'acétylène dissous. — Dès que les emplois de l'acétylène se sont généralisés, l'idée est venue naturellement de chercher à l'emmagasiner comprimé sous forte pression ou même à l'état liquide dans des récipients plus faciles à transporter que ne peut l'être un générateur proprement dit; mais des accidents mettant en évidence les propriétés explosives de l'acétylène liquéfié ou même simplement comprimé arrêtèrent de suite ces tentatives; elles furent d'ailleurs reprises avec plus de succès grâce à un subterfuge consistant à dissoudre cet acétylène liquéfié dans de l'acétone et à emmagasiner cette solution dans des tubes assez minces pour que l'action refroidissante des parois élève la pression minima à partir de laquelle la décomposition peut commencer; d'où la nécessité, pour éviter les accidents, d'emmagasiner l'acétylène dissous dans l'acétone, dans des bouteilles remplies de briques poreuses dont les pores jouent précisément le rôle de récipients extra-étroits. De cette façon, les Compagnies de Chemins de fer ont accepté de transporter lesdits récipients.

Quoi qu'il en soit, l'emploi de l'acétylène dissous pour la soudure autogène est forcément très coûteux, puisque, avant d'utiliser le gaz combustible nécessaire au travail, il a fallu le produire, le comprimer, le dissoudre dans l'acétone, l'emmagasiner dans des récipients spéciaux et enfin le détendre avant de l'employer gazeux, c'est-à-dire sous sa forme initiale.

Restent donc seulement en présence les systèmes permettant d'utiliser l'acétylène produit à 10 ou 12 cm de pression, c'est-à-dire sans pression sensible.

Proportion des gaz nécessaires au travail de soudure autogène.

Dans la *soudure oxhydrique*, la proportion théorique des gaz nécessaires à la combustion est de 1 vol. oxygène pour 2 vol. acétylène. Pratiquement il n'en est pas ainsi, car la vapeur d'eau contenue dans la flamme se trouve dissociée au contact du métal rouge, et produit une oxydation intense de ce métal; on est donc forcé d'augmenter considérablement la proportion d'hydrogène, ce qui force pratiquement à employer 5 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène.

Il en résulte malheureusement un abaissement de la température de la flamme, un certain nombre de calories étant employées à chauffer cet excès d'hydrogène.

Dans la soudure oxyacétylénique, les proportions théoriques sont 1 volume C^2H^2 pour 1 volume d'oxygène : l'expérience le vérifie d'ailleurs dans les chalumeaux bien construits.

Nota. — Signalons à ce sujet que cette question de la proportion d'acétylène et d'oxygène dans la flamme oxyacétylénique a été déjà l'objet de nombreuses controverses au Congrès des acétylénistes, l'un de ses membres ayant cru pouvoir démontrer que la proportion n'était pas celle-là; mais un simple calcul de thermochimie et des constatations pratiques ont montré d'une façon absolue que la flamme oxyacétylénique est bien produite par la combustion de volumes égaux des deux gaz en présence.

Prix théorique des 1 000 calories.

Le calcul prouve qu'il faut 1 m³ d'oxygéne pour brûler 1 m³ d'acétylène.

Or 1 kg de carbure coûtant 0,45 f donne 300 l d'acétylène.

Donc 1 m³ ou 1 000 l d'acétylène coûtent :

$$\frac{1\,000 \times 0{,}45}{300} = 1{,}50 \text{ f.}$$

L'équation de combustion au chalumeau étant :

$$C^2H^2 + 2O = 2CO + H^2,$$

la chaleur dégagée se compose de :

1° La chaleur restituée provenant de la formation de l'acétylène	calories.	61,1
2° La chaleur de combustion de 2C transformés en 2CO	—	51,6
TOTAL.	calories.	112,7

Donc C^2H^2, ou en tenant compte des poids atomiques, 26 gr dégagent 112,7 calories.

Pour 1 000 calories il faudra :

$$\frac{26 \times 1\,000}{112{,}7} = 230 \text{ gr d'acétylène,}$$

auxquels il faudra ajouter :

$$\frac{32 \times 1\,000}{112{,}7} = 283 \text{ gr d'oxygène.}$$

Le prix de l'acétylène sera de $\frac{1{,}50 \times 230}{1{,}17} = 0{,}294$ f.

Le prix de l'oxygène, de $\frac{5 \times 283}{1{,}4} = 1{,}010$ f.

Le prix total des 1 000 calories oxyacétyléniques sera donc de 1,304 f.

De même dans le cas de la soudure oxhydrique, l'équation de combustion étant $5H + O = H^2O + 3H$, on trouve que le prix des 1 000 calories oxhydriques est de 3,93 f.

Donc la soudure oxhydrique coûte plus de trois fois plus que la soudure oxyacétylénique.

PRIX DE REVIENT PRATIQUE.

Pour produire le même travail, il faut, dans chacun des cas, compter sur un prix de revient qu'on peut ainsi approximativement chiffrer :

1° *Soudure oxhydrique :*

Hydrogène acheté en tubes (5 m^3 à 3 f le mètre cube). .	fr.	15
Oxygène acheté en tubes (1 m^3 à 5 f le mètre cube . . .	—	5
TOTAL. . .	fr.	20

2° *Acétylène dissous :*

Acétylène acheté en tubes (1 m^3 à 8 f le mètre cube). .	fr.	8
Oxygène acheté en tubes (1 m^3 à 5 f le mètre cube) . .	—	5
TOTAL. . .	fr.	13

3° *Acétylène préparé sur place :*

Acétylène préparé sur place (1 m^3 à 1,50 f le mètre cube)	fr.	1,50
Oxygène acheté en tubes (1 m^3 à 5 f le mètre cube). .	—	5
TOTAL. . .	fr.	6,50

Il faut remarquer, de plus, que nous avons négligé, dans notre calcul la dépense résultant de l'achat ou de la location des tubes, ainsi que de leur transport; or cette dépense est considérable avec l'acétylène dissous et surtout avec l'oxhydrique.

Températures obtenues dans les différents procédés employés pour faire de la soudure autogène.

Soudure oxhydrique. — Comme le reconnaissent eux-mêmes les promoteurs de ce système, la température du dard oxhydrique ne peut guère atteindre que 2000 degrés, ce qui en rend évidemment l'emploi très limité, cette température ne pouvant suffire à faire de la soudure autogène avec des pièces d'une certaine épaisseur.

Arc électrique. — La température de l'arc électrique, voisine de 3500 degrés, est certes suffisante dans tous les cas, mais on a

vu précédemment les autres inconvénients inhérents à ce système.

Soudure oxyacétylénique. — Comme l'ont montré MM. Violle et Le Châtelier, la température obtenue est absolument équivalente à celle de l'arc électrique; mais elle agit moins brutalement que la soudure électrique et est d'une utilisation facile et économique.

De plus, la flamme d'un bon chalumeau oxyacétylénique, ne contenant ni carbure libre ni gaz oxydants, est supérieure, au point de vue pratique, à la flamme oxydrique, qui est oxydante, et à l'arc électrique qui est carburant.

NÉCESSITÉ D'UN APPAREIL INDUSTRIEL.

Des différents systèmes de soudure oxyacétylénique qui ont été examinés précédemment, il n'y a que ceux qui comportent la génération du gaz sur place dans un générateur *ad hoc* qui supportent véritablement l'examen.

Or, dans ces systèmes, ceux qui ont recours à un générateur donnant l'acétylène sous pression doivent être éliminés *a priori*, à cause des dangers et des difficultés qui en résultent. Restent donc seulement les systèmes qui permettent d'employer de l'acétylène sans pression sensible.

Afin de prouver combien est simple l'installation d'un tel poste de soudure autogène, nous allons rapidement passer en revue les différents éléments composant l'un quelconque de ces systèmes, soit le système « Le Simplex », que nous prendrons comme exemple.

Description générale d'un poste de soudure autogène, système « Le Simplex ».

Les éléments principaux constituant un poste de soudure « Le Simplex » sont :

Un générateur avec tous ses accessoires;
Un chalumeau;
Un mano-détendeur pour la bouteille d'oxygène;
Les appareils de sécurité;

Les tuyaux en caoutchouc spécial reliant entre eux les différents éléments de l'installation;

Une paire de lunettes à verres spéciaux pour l'ouvrier soudeur.

Générateur « Le Simplex ».

Cet appareil a été étudié pour se prêter tout particulièrement aux emplois industriels; l'emploi d'un épurateur est inutile; le gaz produit à basse pression, à froid, est suffisamment épuré par le barbotage dans l'eau; il ne se produit qu'au fur et à mesure de la consommation et sa pression est sensiblement constante.

Le dessin et la légende ci-dessous indiquent le fonctionnement.

Nota. — L'appareil fonctionne avec du carbure tout-venant, c'est-à-dire avec le carbure le meilleur marché.

Ce carbure est placé dans des boites longues M, divisées en compartiments et introduites dans les gazogènes I. L'eau vient noyer successivement le carbure dans les divers compartiments et produit le gaz acétylène au fur et à mesure des besoins.

Lorsque le gaz diminue, la cloche B descend, entraînant avec elle le siphon d'automaticité S qui lui est fixé, et lorsque les trous U arrivent au niveau de l'eau dans la cuve A, l'eau coule par les trous, d'autant plus vite que la cloche est plus basse et que le besoin de gaz est plus grand, et se rend par le trop-plein D du réservoir C dans le répartiteur d'eau G d'où elle est reprise pour aller aux gazogènes par le tube H.

La seule manœuvre à faire est la suivante : *remplacer l'eau et le carbure.*

Pour cela il suffit de :

1° Remplir la cuve d'eau;

2° Ouvrir le gazogène épuisé, remplacer la boite à carbure usée par une pleine et refermer le gazogène.

En dehors de cela, l'appareil fonctionne automatiquement, sans aucune surveillance.

Chalumeau « Le Simplex ».

Le chalumeau « Le Simplex », comme tout autre du même genre construit pour ce travail, permet d'utiliser l'acétylène

LÉGENDE DE LA FIGURE 1.

A Cuve;
B Cloche du gazomètre;
C Réservoir intermédiaire;
D Tuyau de trop-plein du réservoir C;
F Tuyau de caoutchouc permettant d'amener l'eau dans le compartiment que l'on veut du répartiteur;
G Répartiteur d'eau assurant l'attaque automatique du deuxième gazogène après épuisement du premier;
H Lorsqu'un compartiment du répartiteur est plein d'eau, cela indique à première vue que le gazogène correspondant est épuisé;
H Tubes d'amenée aux gazogènes;
I Gazogènes;
J Porte de fermeture des gazogènes;
K Volant de serrage de la porte;
L Loquet de fermeture de la porte;
M Boite à carbure;
N Vidange de la cuve;
O Robinet de départ des gaz;
P Trop-plein de la cuve;
Q Tube de sûreté;
R Glissière de la cloche;
S Siphon d'automaticité (assurant automatiquement l'alimentation en eau des gazogènes au fur et à mesure des besoins);
T Tubes pour l'amorçage du siphon (cet amorçage est fait une fois pour toutes à la mise en route);
U Trous d'écoulement de l'eau d'alimentation.
A' Chalumeau;
B' Bouteille d'oxygène;
C' Détendeur;
D' Soupape de sûreté;
F' Arrivée d'acétylène;

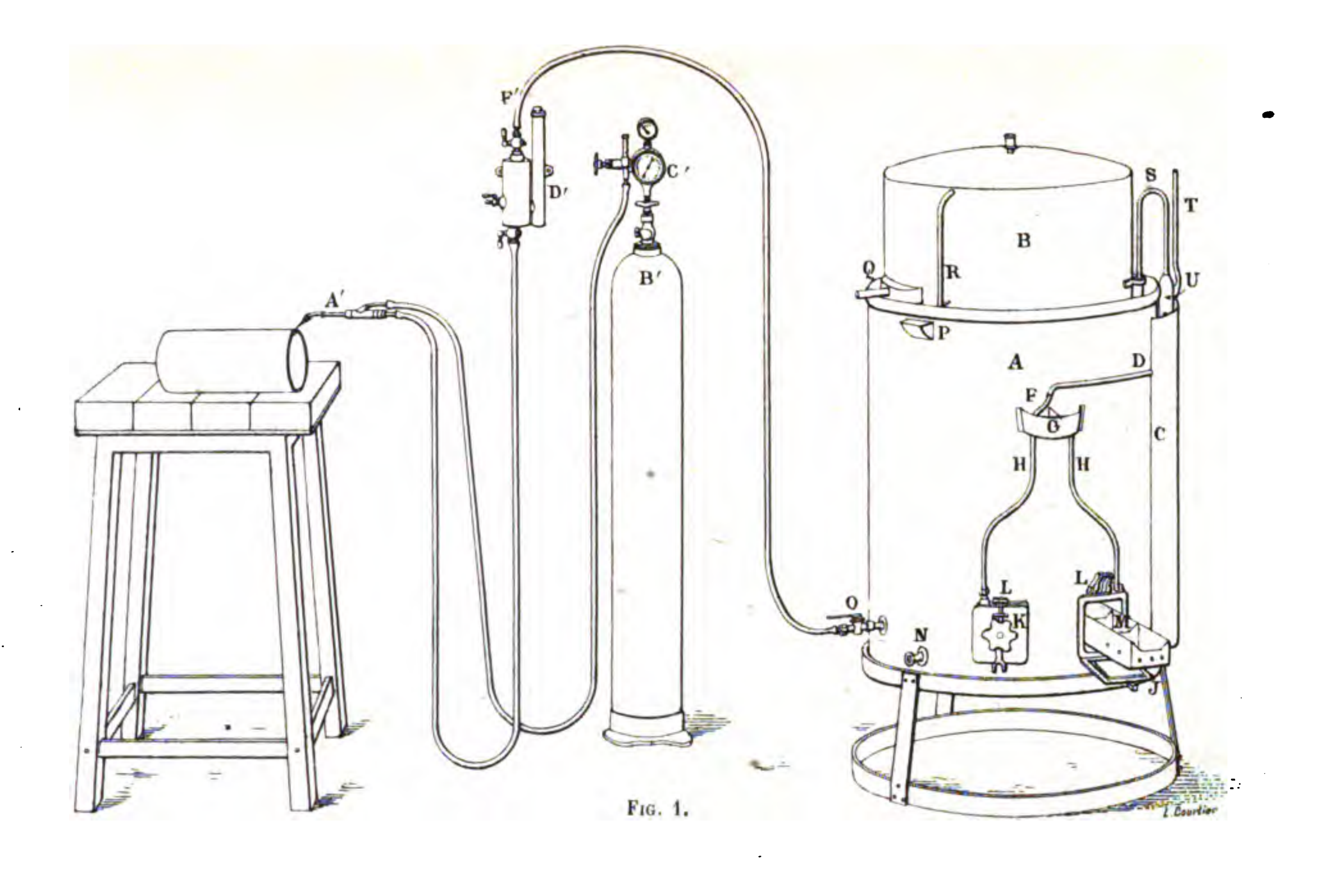


Fig. 1.

produit par un générateur donnant le gaz sans pression sensible ; l'entraînement de ce gaz est produit grâce à une application nouvelle du système des trompes, appareils dont l'emploi est d'ailleurs répandu depuis longtemps dans les laboratoires.

L'entraînement du gaz combustible n'était pas chose difficile à obtenir, mais le point délicat de la question était d'obtenir une flamme véritablement neutre.

On est arrivé au résultat cherché en construisant le chalumeau de telle sorte que les deux gaz, oxygène et acétylène, se trouvent brassés *plusieurs fois* et, par conséquent, intimement mélangés dans l'intérieur du chalumeau.

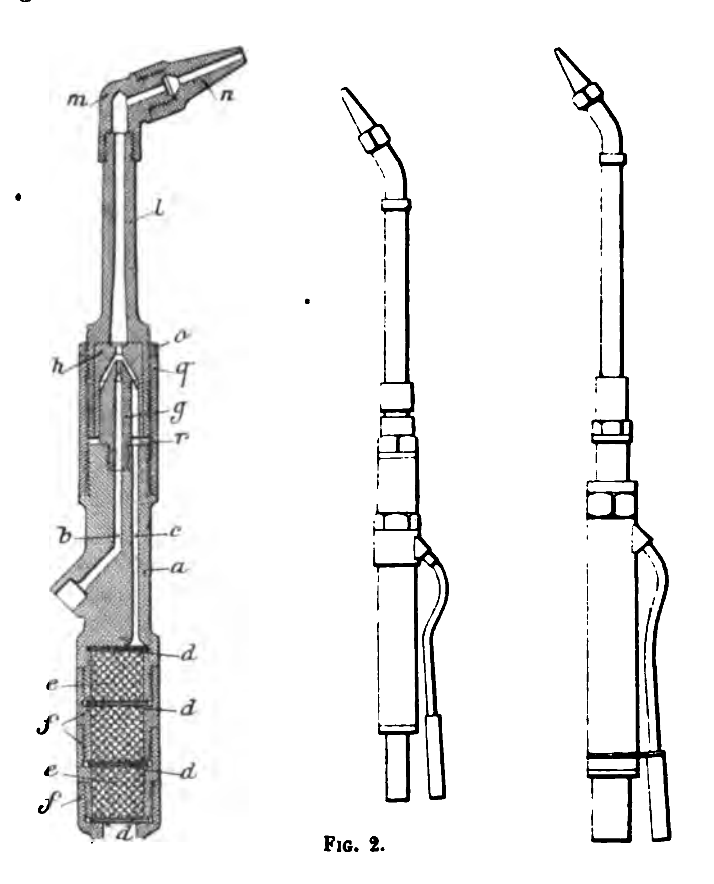


Fig. 2.

Ce chalumeau consomme pratiquement, et cela résulte de nombreuses expériences contradictoires, un peu plus d'acétylène que d'oxygène, de telle sorte que dans la flamme ne se trouve que la quantité d'oxygène strictement nécessaire pour

obtenir la température voulue; de cette façon on n'a jamais à craindre l'oxydation de la pièce soumise au travail.

On peut parfaitement se rendre compte de ces résultats par quelques expériences; en effet, les pièces métalliques soudées ainsi ne sont jamais cassantes à l'endroit de la soudure; on peut les travailler à cette place sans avoir besoin de les recuire.

La figure ci-contre représente la coupe d'un chalumeau « le Simplex » ainsi que les deux modèles construits pour les usages courants d'ateliers.

Signalons enfin, pour finir, que le dard du chalumeau doit être bien nourri et assez long pour faciliter le travail de l'ouvrier soudeur, en ne le forçant pas à approcher le bec du chalumeau trop près de la pièce à souder; on évite ainsi des extinctions provenant souvent d'un faux mouvement.

Le chalumeau doit être léger et bien équilibré, son maniement facile et sans danger.

Si, par hasard, le chalumeau s'éteint par suite d'un échauffement exagéré du bec, il suffit de le tremper dans l'eau pour pouvoir s'en servir à nouveau.

Enfin (nous appelons là-dessus l'attention des industriels), les chalumeaux doivent être démontables par l'ouvrier qui les emploie, et leur nettoyage intérieur, qui doit s'effectuer au moyen d'une brosse légère, doit pouvoir être fait sur place, sans avoir recours au constructeur.

Appareils de sécurité.

Il faut éviter, dans le cas où le chalumeau viendrait à se boucher, que la flamme puisse rétrograder.

Dans ce but, on prévoit généralement deux dispositifs :

Le premier consiste en une disposition spéciale dans le corps même du chalumeau, et destinée à refroidir la flamme; elle doit être toujours suffisante pratiquement;

L'autre consiste en une soupape différentielle, intercalée sur la tuyauterie d'acétylène.

Appareils accessoires.

1° Un socle en fer cornière, permettant une manœuvre facile des paniers à carbure;

2° Un détendeur à cadrans, système spécial indiquant à chaque

instant la pression résiduelle dans l'intérieur de la bouteille et à la sortie;

3° Quelques mètres de caoutchouc spécial entoilé, pour l'oxygène, et spécialement résistant pour l'acétylène;

4° Une paire de lunettes à verres verts, permettant de protéger les yeux durant le travail.

Consommation des types courants de chalumeaux oxyacétyléniques.

Il est assez difficile de donner d'une façon précise les consommations respectives des chalumeaux employés pour la soudure autogène, car elles dépendent beaucoup des genres de travaux qu'on leur demande; néanmoins, voici ci-dessous quelques chiffres résultant de nombreuses expériences faites avec les chalumeaux système « Le Simplex ».

Consommation par heure :

	Oxygène	Acétylène
Chalumeau n° 1 (tôles de 1 à 3 mm).	190 l env.	200 l env.
Chalumeau n° 2 (id. 3 à 6).	250 id.	275 id.
Chalumeau n° 3 (id. 6 à 10).	500 id.	550 id.
Chalumeau n° 4 (au-dessus de 10).	650 id.	725 id.

Voici, d'autre part, le temps que peut mettre un ouvrier pour souder des tôles de différentes épaisseurs :

Pour souder deux tôles de	1 mm,	il faut	5′	par mètre linéaire
id.	2 id.	id.	10′	id.
id.	5 id.	id.	25′	id.
id.	10 id.	id.	40′	id.
id.	12 id.	id.	60′	id.

Usages de la soudure autogène oxyacétylénique.

Les usages en sont nombreux, et le cadre de cette étude ne nous permet pas de nous étendre sur ce sujet.

D'ailleurs, les emplois peuvent varier à l'infini suivant le genre d'industrie, et tous les jours de nouvelles applications viennent s'ajouter à celles déjà connues.

Qu'il nous suffise ici de faire une nomenclature succincte des usages courants de la soudure autogène :

Tous travaux de tôlerie (tôles de fer et d'acier);
Tous travaux de tuyauterie (pose de brides et tubulures);
Soudure du cuivre rouge et du cuivre jaune;
Fusion du platine;
Réparations des soufflures dans les pièces de fonderie (fonte, acier, cuivre, etc.);
Suppression de la brasure;
Assemblage direct des pièces en acier et en fer;
Chauffage des creusets pour la fusion des silicates;
Réparation des chaudières;
Suppression des rivets et des agrafes;
Raboutage des tubes;
Soudure des câbles électriques, des cadres d'automobiles, des guidons et des cadres de bicyclettes, etc., etc.

Coupage des poutrelles et des toles.

Une application intéressante du chalumeau oxhydrique ou oxyacétylénique, est le découpage rapide des tôles et des poutrelles, grâce à l'addition d'un excès d'oxygène produisant une suroxydation locale et une désagrégation des molécules du métal; une modification très simple permet d'utiliser à cet usage un chalumeau oxyacétylénique ordinaire.

Façon de procéder.

Là encore, on ne peut indiquer de règles absolues, car tout dépend du genre de travail qu'on doit effectuer.

Néanmoins, il y a certaines indications d'ordre général qu'il est bon de faire connaître.

Pour assembler des tôles dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques millimètres, il n'y a pas de difficultés, et l'on peut arriver très rapidement à faire une soudure invisible.

Pour les tôles de 8, 10, 12 mm d'épaisseur, il faut chanfreiner les bords, de façon à pouvoir, en même temps qu'on fera fondre avec le chalumeau les deux lèvres à rapprocher, faire couler une baguette d'acier dans la rigole.

Lorsqu'on doit employer une baguette supplémentaire pour

remplir le fond de la rigole, il est bon d'employer une baguette d'acier doux.

Les travaux de soudure des tuyaux s'effectuent d'une façon analogue, et très facilement; on obtient ainsi une étanchéité parfaite; c'est là un avantage qui fait aussi de plus en plus négliger la rivure, par exemple, pour la fabrication des fûts métalliques.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce sujet, car l'expérience surtout indiquera la meilleure façon de procéder.

Quoi qu'il en soit, les avantages qu'on peut retirer de la soudure autogène dans les ateliers sont indiscutables: son emploi se développe de jour en jour, surtout en ce qui concerne la soudure oxyacétylénique. Ce mode de travail permet, dans bien des cas, de faire des réparations sur place sans exiger des démontages coûteux; on peut affirmer, de plus, que la soudure autogène est appelée à modifier, dans les ateliers de construction, un grand nombre de procédés de fabrication actuellement employés.

COMMENT S'EXERCE L'ACTION DE PAROI

DANS LES

MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

PAR

M. L. LETOMBE

Les moteurs à gaz à combustion interne, comme les moteurs à gaz ou à pétrole, ne peuvent fonctionner convenablement que pourvus de cylindres à enveloppes d'eau par lesquelles s'écoule une notable partie de la chaleur mise en œuvre dans les machines.

On pense généralement que cette soustraction de calories est une perte de chaleur transformable en travail et que le rendement des moteurs serait grandement amélioré si la circulation d'eau autour des cylindres pouvait être supprimée ou diminuée.

Ce qui a contribué à répandre cette croyance, c'est l'hypothèse souvent faite que le rendement d'un moteur, à sa limite de perfection, doit se calculer en supposant qu'il peut fonctionner suivant un cycle de Carnot.

Dans cette hypothèse, comme dans les moteurs à gaz un écart de 1 000 degrés entre les températures extrêmes de leur cycle n'a rien d'anormal, leur rendement devrait pouvoir tendre vers la valeur :

$$\rho = \frac{T - t}{T} = \frac{1\,000}{1\,300} = 0,77$$

en prenant pour température de l'atmosphère : $t = 300$ degrés absolus.

Or, comme jusqu'ici le rendement des moteurs à gaz en travail indiqué n'a guère dépassé 30 à 35 0/0 et que, d'autre part, l'eau de circulation des enveloppes des cylindres emporte quelquefois jusqu'à 40 0/0 de la chaleur totale fournie à la machine, on en conclut que si cette chaleur n'était pas soustraite au cycle, le rendement pourrait bien monter à 70 ou 75 0/0, comme l'indique le raisonnement ci-dessus.

Avec une fuite de chaleur par la paroi aussi colossale, il sem-

ble même inutile de chercher à établir une théorie du moteur à gaz basée sur les lois de la thermodynamique.

La vérité, c'est que, malgré son allure scientifique, ce raisonnement est tout à fait inexact : si le cycle de Carnot a bien un rendement qui, pour un écart de température donné, est dans tous les cas un *maximum maximorum*, les cycles théoriques qu'on s'efforce de réaliser dans les moteurs à gaz en diffèrent totalement et leur rendement propre est de beaucoup inférieur à celui du cycle de Carnot, surtout lorsqu'on prend, pour valeur des chaleurs spécifiques des mélanges gazeux, leurs valeurs calculées en tenant compte de la nature des gaz qui les composent, et non simplement les chaleurs spécifiques de l'air à la température ordinaire de l'atmosphère.

En se basant précisément sur des valeurs de chaleurs spécifiques calculées, M. le Professeur Boulvin, dans sa récente communication au Congrès de Mécanique de Liége, a fait remarquer que le rendement propre idéal du cycle d'un moteur qu'il avait essayé, dans son laboratoire, ressortait à 30 0/0, alors qu'il avait trouvé pour le rendement réel de cette machine, sensiblement 20 0/0. Or, dans cet essai, 40 0/0 de la chaleur totale mise en œuvre avaient été emportés par l'eau de circulation autour du cylindre.

Il est bien évident que, dans ce cas particulier, même en négligeant toutes autres pertes, 75 0/0 au moins de la chaleur ainsi emportée par la paroi n'étaient pas transformables en travail et n'avaient pas plus de valeur pour le cycle que la chaleur rejetée par l'échappement.

Rien que cet exemple montre que la chaleur passe d'une façon bien spéciale à travers la paroi du cylindre d'un moteur à gaz.

Les autres observations que nous allons présenter, vont nous confirmer dans cette opinion.

Si, par exemple, nous examinons pour différentes dimensions de moteurs, le rapport qui existe entre la surface interne des cylindres, fonds compris, et leur volume, il est évident que ce rapport sera d'autant plus petit que les cylindres seront plus grands. Comme, toutes choses égales d'ailleurs, la chaleur qui passe à travers une paroi est proportionnelle à la surface de celle-ci, un gros moteur devrait perdre par la paroi beaucoup moins qu'un petit.

Si nous désignons par L la longueur d'un cylindre, par D le diamètre de son alésage, par S sa surface interne y compris les fonds et par V son volume, on a pour l'expression du rapport de la surface au volume :

$$\frac{S}{V} = 2\left(\frac{1}{L} + \frac{2}{D}\right)$$

rapport dont la valeur diminue évidemment quand L et D augmentent.

Si nous appliquons cette formule successivement à des cylindres de 300 et 600 mm d'alésage, ayant respectivement 400 et 800 mm de longueur, ce qui correspond à des forces d'environ 20 et 100 ch, nous voyons que le rapport $\frac{S}{V}$, dans le premier cas, est de 1,84 et dans le second, de 0,91.

A régime égal de température externe et interne, le cylindre de 600 mm devrait donc perdre par la paroi deux fois moins de chaleur que le cylindre de 300 mm; autrement dit, si le moteur de 20 ch perd 40 0/0 de chaleur par la paroi, le moteur de 100 ch ne devrait en perdre que 20 0/0, et si la différence était transformable en travail, le rendement du moteur de 100 ch devrait être incomparablement supérieur à celui du moteur de 20 ch.

En réalité, en travail indiqué et à compression égale, les rendements dans l'un et l'autre cas sont absolument les mêmes.

M. Hubert, d'autre part, dans son rapport sur les essais d'un moteur Cockerill, faits en novembre et décembre 1901, fait remarquer que le rendement thermique de la machine n'a pas été affecté par la circulation plus ou moins active de l'eau dans l'enveloppe du cylindre, quelle qu'ait été sa température d'évacuation (1).

Disons encore que les moteurs à deux temps à chasse d'air perdent beaucoup moins par la paroi que les moteurs à quatre temps, sans accuser un rendement thermique plus élevé.

Si d'ailleurs on examine tous les résultats d'essais sérieux faits depuis vingt ans, en choisissant ceux pour lesquels on a mesuré séparément la chaleur perdue par l'échappement et par la paroi à différents régimes de température de circulation d'eau dans les enveloppes, on s'aperçoit que pour un moteur donné, dont la forme générale des diagrammes ne varie pas, *la somme*

(1) *Revue universelle des Mines*, tome LIX, 3e trimestre 1902.

des chaleurs qui passent à la paroi et à l'échappement est très sensiblement une constante (1).

Déjà, les résultats des essais faits à la Société des Arts de Londres en 1888 permettaient d'arriver à cette conclusion.

Et pourtant, certaines expériences semblent prouver que la chaleur se perd avec une rapidité extrême à travers une paroi : c'est ainsi que lorsqu'on fait détonner un mélange gazeux dans un récipient métallique, on s'aperçoit, par l'abaissement de la pression aussitôt après l'explosion, que la chaleur produite doit disparaître presque instantanément. En réalité, ce n'est pas que la chaleur ait traversé la paroi réellement, mais la chaleur des gaz, *par contact direct*, a été absorbée par la masse même de la paroi.

Lorsqu'un moteur à gaz a pris son régime calorifique, il ne se trouve évidemment pas dans ces conditions.

Pour répéter l'expérience que nous venons de citer, on a quelquefois opéré sur un moteur véritable, dont on avait calé les pistons, et en prenant la précaution de faire circuler autour du cylindre l'eau chaude d'un moteur semblable maintenu en pleine charge à côté de celui-ci.

Dans ce cas encore, l'abaissement de pression après l'explosion indique une disparition rapide de la chaleur des gaz, mais on se trouve ici à peu près dans les mêmes conditions que pré-

(1) Pour faire utilement des observations de ce genre, il y a des précautions à prendre, parce que, dans un moteur à gaz les phénomènes sont complexes, et qu'il est facile, par inadvertance, d'attribuer à la paroi des pertes qui ne la concernent pas. Il faut tout d'abord ne tenir compte que du travail indiqué et être certain que le moteur en essai a un piston et des soupapes pratiquement étanches, car le rendement mécanique d'un moteur peut varier avec la température de l'enveloppe du cylindre. Nous avons constaté le fait maintes fois.

Lorsque, par exemple, un piston de moteur est très juste, si l'enveloppe du cylindre est maintenue froide, celui-ci ne pourra pas se dilater sensiblement ; le piston, au contraire, s'il n'est pas refroidi, se dilatera, et aura une tendance à coincer dans le cylindre et le rendement mécanique du moteur sera mauvais. Si, alors, on laisse chauffer fortement l'eau de l'enveloppe, le cylindre se dilatera, le piston reprendra le jeu nécessaire à son bon fonctionnement et le moteur fournira un travail plus grand pour la même dépense de combustible.

Presque toujours, dans les essais qui donnent lieu à des remarques de ce genre, on a attribué l'augmentation de force à la diminution de la perte par la paroi. L'observation du travail indiqué met à l'abri d'une pareille erreur.

Par contre, lorsque les pistons ont trop de jeu ou lorsque les huiles de graissage des cylindres résistent mal aux hautes températures, on peut trouver une augmentation de travail effectif en abaissant la température de l'eau de circulation des enveloppes. Ceci prouve qu'en changeant le régime de circulation d'eau autour du cylindre, on peut avoir modifié quelque autre chose qu'on n'a pas remarquée et qui influe fortement sur les résultats.

En résumé, avant de tirer des conclusions d'un essai à un point de vue déterminé, il faut être certain d'avoir éliminé d'abord toutes les causes d'erreurs qui peuvent se présenter : toute la difficulté d'un essai scientifique réside dans cette observation.

cédemment, car nous montrerons plus loin qu'en régime établi, la paroi interne du cylindre d'un moteur à gaz est à une température bien plus élevée que celle de l'eau de circulation. Il faut encore remarquer que, dans ce cas particulier, les fuites des pistons prenaient une importance qu'elles n'ont pas lorsque le moteur est en marche normale.

Enfin, quand un moteur a un diagramme déformé, soit par un allumage en retard, soit par une combustion ralentie, la chaleur emportée par l'eau de circulation augmente beaucoup, et le rendement de la machine diminue considérablement.

Si, d'ailleurs, en modifiant le réglage du moteur, on arrive à obtenir des diagrammes indiquant que l'apport de chaleur arrive à se faire à volume constant, immédiatement les phénomes inverses se produisent.

Dans le premier cas, il semble bien que la paroi ait emporté de la chaleur transformable en travail; c'est possible, mais pas dans la proportion des chiffres relevés, car un diagramme déformé correspond à un cycle dont le rendement propre idéal est faible.

De l'ensemble des remarques pratiques que nous venons d'exposer, il résulte, dans tous les cas, que *la presque totalité de la chaleur qui passe à travers la paroi d'un moteur à gaz ne constitue pas une perte dans le vrai sens du mot, ainsi qu'on l'a cru jusqu'ici.*

A quoi donc est dû ce fonctionnement paradoxal de la paroi dans les moteurs à gaz?

Tout simplement à l'application généralisée de principes énoncés il y a plus de vingt ans par M. Aimé Witz, à la suite d'expériences d'autant plus remarquables qu'à l'époque où elles furent faites, on ne connaissait rien du moteur à gaz, principes qui peuvent se résumer en ceci : « *Dans les moteurs à gaz, les combustions et les détentes doivent être les plus rapides possibles.* »

Le savant professeur n'avait en vue que la diminution de l'action de paroi : les résultats ont dépassé ses espérances, puisque l'observation de ses prescriptions fait que le rendement thermique des grands moteurs, en particulier, n'est *pratiquement* pas affecté par la circulation d'eau autour des cylindres.

Il nous reste à expliquer maintenant pourquoi les combustions et les détentes rapides ont un aussi heureux résultat sur le fonctionnement des moteurs à gaz; c'est ce que nous allons essayer de faire, mais, pour rendre nos explications plus tangibles, nous

ferons d'abord quelques remarques basées sur des résultats expérimentaux :

1° La paroi des cylindres des moteurs à gaz étant relativement assez épaisse, la chaleur ne peut la traverser qu'avec une certaine lenteur, et, dans tous les cas, cette chaleur ne peut passer que dans un temps bien supérieur à celui qui correspond à l'accomplissement d'un cycle. De plus, en régime établi, malgré l'enveloppe d'eau, il y a une différence de degrés considérable entre la température des faces interne et externe des cylindres.

L'expérience suivante prouve cette assertion : ayant un moteur en marche, on exagère la circulation d'eau dans l'enveloppe du cylindre, de façon que l'eau entre et sorte presque à la même température; ce résultat atteint, on ferme en même temps le robinet d'arrivée de gaz et celui d'arrivée d'eau, et on laisse le moteur s'arrêter. Si l'on observe alors les indications d'un thermomètre plongé dans l'enveloppe du cylindre, on voit la température de l'eau croître avec une certaine lenteur, et atteindre, quelquefois *après plusieurs minutes*, la température de l'ébullition.

La lenteur de la transmission de la chaleur à travers la paroi se trouve ainsi démontrée, et il faut remarquer que l'eau de l'enveloppe, dans l'expérience ci-dessus, ne peut atteindre un degré aussi élevé que si la paroi interne du cylindre, au moment de l'arrêt du moteur, se trouve à très haute température, car la chaleur spécifique du métal est faible.

Une autre expérience prouve encore plus directement la différence de température qui peut exister entre les deux faces d'une paroi métallique : ayant installé, dans les ateliers d'essais de la Compagnie de Fives-Lille, un frein à circulation d'eau de dimensions trop réduites sur un gros moteur, nous avons fait absorber par ce frein un travail exagéré, et il est arrivé un moment où le refroidissement ne fut plus possible; l'eau de réfrigération, qu'on faisait circuler en abondance, entrait dans la poulie et en sortait presque à la même température, et cependant la paroi extérieure de la jante, qui n'avait que 30 mm d'épaisseur, devint tellement chaude que les sabots en bois du frein prirent feu.

Cette expérience prouve qu'il peut exister, entre les deux faces d'une paroi métallique, des différences de température supérieures à 300 degrés, même lorsqu'une des faces est maintenue froide par une circulation d'eau très active.

2° Dans la séance du 4 décembre 1903 de la Société, M. Marcel Deprez a démontré, par une expérience directe, que lorsqu'un gaz traverse de bout en bout un tuyau maintenu à une température constante, pourvu que le tuyau soit assez long pour que toutes les molécules gazeuses aient eu le temps, dans leur parcours, de venir frapper la paroi métallique, un thermomètre placé dans le courant gazeux, à la sortie du tuyau, indique que le gaz, quelle que soit sa vitesse de passage, s'échauffe toujours sensiblement du même nombre de degrés. Ainsi que l'a fait ressortir M. Marcel Deprez, cette expérience prouve que les échanges de chaleur de molécule à molécule, *par contact*, doivent être considérés pratiquement comme instantanés (1).

Nous en déduisons que, lorsqu'une masse gazeuse vient frapper une paroi métallique, la pellicule interne de cette paroi se met, en un temps extrêmement court, en équilibre de température avec cette masse en en suivant toutes les variations calorifiques.

Si, dans l'épaisseur de la paroi métallique, au contraire, les mouvements de la chaleur sont lents, c'est que les molécules du métal n'ont pas la mobilité extrême des molécules gazeuses.

En appliquant les remarques que nous venons de faire aux cylindres des moteurs à gaz, nous sommes à même de dire que :

Pendant le fonctionnement, la pellicule de paroi en contact avec l'eau de refroidissement est toujours à la température de cette eau et que la pellicule interne, de son côté, tend constamment à se mettre en équilibre de température avec les gaz qui viennent la frapper.

La transmission de la chaleur d'une face à l'autre de la paroi ne peut se faire effectivement qu'autant que les gaz qui frappent cette paroi ne subissent pas d'abaissement rapide de température qui leur ferait réabsorber la chaleur cédée un instant auparavant.

Nous pouvons maintenant expliquer comment il se fait que l'enveloppe d'eau des moteurs à gaz n'affecte pas défavorablement leur rendement thermique (2).

(1) En réalité, on observe une différence de quelques degrés, due précisément à ce que les deux parois du tube, malgré sa faible épaisseur, ne peuvent rester à la même température, en raison du retard à la transmission de la chaleur par conductibilité.

(2) Dans le monde de l'automobile on considère que le moteur qui a le meilleur rendement est celui qui, à égalité de dimensions fait le plus de force, sans tenir compte aucunement des consommations. Cette manière erronée d'apprécier un système de machine n'a évidemment aucun rapport avec le rendement thermique.

Supposons-nous en présence d'un moteur à quatre temps donnant des diagrammes corrects, c'est-à-dire accusant nettement des explosions à volume constant, en marche depuis assez longtemps pour que son régime calorifique soit bien établi, et commençons nos observations en partant de la période d'échappement:

La pellicule interne de la paroi du cylindre est en équilibre de température avec les gaz rejetés à l'échappement, et la chaleur emmagasinée dans la masse métallique a pris un mouvement effectif vers l'extérieur.

L'échappement terminé, le moteur aspire un mélange frais : pendant cette période, il ne peut évidemment que rentrer de la chaleur dans les gaz, mais en faible quantité, puisque la surface du cylindre par rapport à son volume est faible, que la chaleur spécifique des gaz est peu élevée et qu'il n'y a pas abaissement de température des gaz par détente.

Pendant la compression, il ne peut y avoir perte de chaleur, car la masse métallique de la paroi vers l'intérieur, garde une température voisine de celle de l'échappement et, dans tous les cas, une température supérieure à celle de la compression.

Vient ensuite le moment de l'explosion : si celle-ci se fait très sensiblement à volume constant, la chaleur tend bien à pénétrer la paroi, mais pendant un temps extrêmement court et il n'y a d'abord que la pellicule interne du cylindre qui prend la température des gaz.

Si maintenant une détente rapide commence, comme cette détente amène un abaissement de température considérable et que, d'autre part, la transmission à travers la paroi de la face externe demande *un temps fini relativement long*, il est certain que ce flux de chaleur, qui était sur le point de se mettre en mouvement vers l'extérieur, est arrêté parce que la pellicule interne du cylindre cède, au fur et à mesure de l'avancement du piston, aux gaz qui la frappent, la chaleur que ceux-ci venaient de lui fournir.

Mais quand revient la période d'échappement, pendant toute une course, les gaz chauds ne produisant plus aucun travail, cèdent effectivement une partie de leur chaleur à la paroi qui l'absorbe et celle-ci prend alors seulement un mouvement effectif vers l'extérieur.

En résumé, *la chaleur ne traverse la paroi en quelque sorte que par « pulsations »* dont la partie active ne correspond *presque exclusivement* qu'à la période d'échappement. Or, pendant cette période,

la chaleur cédée est évidemment intransformable en travail et c'est pourquoi on trouve expérimentalement que, dans les moteurs à gaz, *la somme des chaleurs perdues à l'échappement et par la paroi est une « constante »; autrement dit, ce qu'on gagne à la paroi, on le perd à l'échappement et inversement.*

Ne perdons pas de vue toutefois que notre raisonnement concerne les moteurs à explosions sensiblement à volume constant et que, lorsqu'il n'en est pas ainsi, il peut y avoir perte de chaleur utile par la paroi. Une combustion ralentie qui ne s'achève que sur la course du piston doit déterminer en effet un mouvement de chaleur vers l'extérieur, analogue à celui engendré pendant le temps de l'échappement.

Si cette période de combustion ralentie dure peu, le mal n'est pas très grand, car la détente rapide des gaz qui suit reprend la plus grande partie de la chaleur primitivement cédée, mais si le diagramme accuse une courbe de combustion qui s'infléchit fortement, l'effet est désastreux à tous les points de vue.

On voit par là que, même *à égalité de rendement théorique*, le moteur à combustion sera toujours pratiquement inférieur au moteur à explosions (1).

Un argument de plus en faveur de notre théorie, c'est que si la paroi absorbait de la chaleur pendant la course de détente des gaz, le γ des courbes d'indicateur serait évidemment supérieur au γ calculé en tenant compte de la valeur des chaleurs spécifiques à haute température.

Or nous avons constaté par de nombreux essais sur nos propres machines, dans les ateliers de la Compagnie de Fives-Lille, que non seulement le γ des courbes d'indicateur dans les diagrammes que nous avons déjà définis comme corrects, n'était pas supérieur au γ calculé, mais s'en rapprochait étonnamment, quelle que soit la température de sortie d'eau des enveloppes.

La valeur du γ des courbes de détente diffère avec la nature des gaz employés; néanmoins, la valeur 1,3 peut être considérée comme une moyenne différant peu des γ réels.

Le γ qui convient à un mélange de gaz déterminé peut d'ailleurs se calculer facilement dans chaque cas particulier (2).

(1) Il est remarquable, d'ailleurs, que les moteurs à combustion réalisés jusqu'ici pour combustibles liquides seulement, n'ont pas de rendement thermique supérieur à ceux des grands moteurs modernes à quatre temps, malgré une compression initiale de quatre fois plus élevée dans les premiers que dans les seconds.

(2) Bien entendu, pour déterminer avec quelque exactitude le γ d'une courbe, il faut d'abord connaître très exactement la valeur de la chambre de compression du cylindre et être certain de l'excellence à tous points de vue des appareils indicateurs employés.

Puisque dans un moteur bien réglé, le rendement est *pratiquement* indépendant des influences extérieures, il s'ensuit naturellement que l'application des lois de la thermodynamique à l'étude générale des cycles, doit donner des résultats très voisins de la réalité et permettre dans tous les cas de déterminer la valeur relative des différents cycles réalisables ou réalisés.

On peut critiquer cette manière de voir en disant qu'en agissant ainsi on substitue sans en avoir le droit, aux courbes d'un diagramme, un cycle fermé réversible. Cette objection ne nous arrête pas, car nous prétendons ne rien faire d'incorrect en substituant par la pensée à des évolutions réelles, des évolutions virtuelles qui mettent en jeu au même instant les mêmes quantités de chaleur et les mêmes travaux; il suffit que ces évolutions soient en somme compatibles avec la réalité.

Aussi nous semble-t-il inutile pour analyser le fonctionnement du moteur à gaz, de recourir à de nouvelles formules, qui ne sont, en somme, que des énoncés de problèmes indéterminés.

D'ailleurs, quelles que soient les hypothèses faites, on en est toujours réduit à calculer les températures, les pressions et les quantités de chaleur mises en œuvre par les procédés ordinaires de la thermodynamique.

Quant à prétendre tirer des conclusions générales de quelques applications numériques, c'est un procédé qui ne peut satisfaire ni les mathématiciens ni les mécaniciens: les résultats ainsi trouvés ne peuvent être considérés comme exacts que pour les cas particuliers envisagés.

On n'a jamais connu l'allure d'une courbe en n'en regardant qu'un point.

Dans tous les cas, l'étude générale des cycles de moteurs à gaz par la thermodynamique donne des résultats tellement probants qu'il sera probablement difficile de trouver mieux.

Prouvons-le par un exemple simple : supposons un moteur à explosions, sans détente prolongée, dont la compression monte à six atmosphères et marchant au gaz de ville. La formule de rendement idéale, dans ce cas, peut se mettre sous la forme:

$$\rho = 1 - \frac{n_1}{n_1^{\gamma}}$$

ainsi que nous l'avons montré au Congrès de mécanique en 1900 (1).

(1) Contribution à l'Étude des Moteurs thermiques, par L. Letombe. Vve Ch. Dunod, éditeur, à Paris.

Cette formule est particulièrement commode d'emploi pour les constructeurs, car elle ne contient que les données d'exécution. Il n'entre, en effet, dans la formule que la valeur n_1 qui est le rapport entre le volume total du cylindre et le volume de la chambre de compression.

Remarquons en passant que n_1^γ est la valeur de la compression exprimée en atmosphères.

Le calcul donnant pour γ la valeur 1,3, nous trouvons pour expression du rendement théorique du moteur considéré :

$$\rho = 1 - \frac{n_1}{n_1^\gamma} = 1 - \frac{4}{6} = 0{,}333.$$

Mais la nature même du gaz employé fait que le rendement idéal duquel on doit s'efforcer d'approcher est encore plus bas.

En effet, la combustion du gaz d'éclairage produit une quantité notable de vapeur dont la chaleur latente de vaporisation est forcément perdue en raison même de la température de l'échappement : 10 0/0 environ de la chaleur apportée au cycle sont ainsi intransformables et il ne faut pas en tenir compte.

D'autre part, l'apport de chaleur se fait avec une contraction de 6 0/0 pour un mélange constitué par six volumes d'air pour un de gaz, contraction qui équivaut à une fuite proportionnelle de calories, ce qui diminue d'autant le coefficient d'utilisation du moteur.

De plus, le moteur lui-même cause certaines pertes inhérentes à son fonctionnement, telles que : avance à l'échappement, fuites par le piston, etc.

Pour que ces dernières pertes ne dépassent pas 5 0/0, il faut déjà que le moteur considéré soit d'excellente construction.

Remarquons que, conformément à notre théorie, nous n'avons rien compté pour la perte par la paroi.

Il résulte de ceci que le rendement thermique réel du moteur qui nous occupe sera au maximum de :

$$0{,}333 \times 0{,}90 \times 0{,}94 \times 0{,}95 = 0{,}265,$$

c'est-à-dire que dans cette machine, la dépense en gaz d'éclairage d'un pouvoir calorifique de 5 250 calories au mètre cube, par exemple, sera au minimum de 454 litres mesurés à 0 degré et 760 millimètres de pression barométrique.

Avec un rendement mécanique d'environ 80 0/0, qui est normal, le cheval-heure effectif doit donc coûter au moins 568 litres.

Or, avec les compressions que nous avons supposées, on trouve pratiquement une consommation d'environ 600 litres.

Nous croyons inutile d'insister sur l'éloquence de ces chiffres qui font ressortir un écart de quelques centièmes seulement entre la consommation calculée et la consommation réelle (1).

Remarquons qu'une légère erreur dans la détermination du γ à introduire dans les formules, permet néanmoins de tirer des déductions rigoureuses de la comparaison des différents cycles entre eux.

Nous pensons, d'ailleurs, que c'est par l'observation judicieuse des courbes d'indicateur relevées sur des machines bien construites et donnant des diagrammes corrects qu'on arrivera à déterminer le plus exactement la valeur du rapport γ des chaleurs spécifiques.

Comme, de toute façon, la recherche de la valeur des chaleurs spécifiques est du domaine expérimental, la détermination directe du γ des courbes adiabatiques, nous semble même préférable au calcul basé sur les chiffres relevés par MM. Mallard et Le Châtelier.

En relisant, en effet, récemment la description des méthodes employées par ces savants expérimentateurs, il nous a paru que leurs formules donnaient peut-être des chiffres qui croissent trop vite avec la température, car ils ne paraissent pas avoir tenu compte dans leurs expériences que la pellicule interne des parois froides d'un récipient pouvait soustraire instantanément, par contact, aux gaz qu'il renferme, une certaine quantité de chaleur au moment d'une explosion non suivie de détente, et cela d'autant plus que la température devient plus élevée. Or, *ne pas tenir compte d'une quantité de chaleur perdue, conduit précisément à attribuer une valeur trop grande aux chaleurs spécifiques.*

Nous aurons l'honneur de présenter prochainement à la Société, une étude générale des cycles des moteurs à combustion interne qui explique les résultats obtenus jusqu'ici par ces intéressantes machines, et montre dans quel sens elles sont encore perfectibles.

(1) En multipliant par 0,65 les consommations calculées pour une alimentation en gaz et par 0,50 pour une alimentation en charbon si l'installation comporte un gazogène, on obtient des chiffres très voisins des consommations réelles.

Quand on trouve expérimentalement un chiffre meilleur, il y a lieu de douter de l'exactitude des constatations.

Il n'y a pas lieu, d'autre part, de tirer des conclusions d'un essai ne différant d'un autre que de moins de 5 0/0. Les appareils de mesure ne permettent pas une approximation plus grande dans la lecture des résultats.

LES

OSCILLATIONS DU MATÉRIEL

DES CHEMINS DE FER

A L'ENTRÉE EN COURBE ET A LA SORTIE

PAR

M. Georges MARIÉ

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Depuis 1901, je m'occupe d'étudier les oscillations du matériel occasionnées par les dénivellations verticales de la voie, périodiques ou non, par les variations de ses rayons de courbure et aussi par les défauts inhérents à la locomotive elle-même; cette étude m'a paru présenter un grand intérêt, parce qu'elle conduit en même temps à la recherche des diverses causes des déraillements; elle a pour but :

1° D'améliorer le confortable et de diminuer les dangers de déraillement avec les vitesses actuelles;

2° De rechercher théoriquement les améliorations qu'on pour-

rait introduire pour augmenter les vitesses sans aggraver le danger.

Dans le présent mémoire je m'occupe des oscillations du matériel sur ses ressorts, à l'entrée en courbe et à la sortie, quand la voie n'a pas de raccordements paraboliques.

Ces raccordements employés parfois pour les lignes nouvelles, ne l'étaient pas anciennement; or c'est précisément sur les lignes les plus anciennes que circulent généralement les trains les plus rapides. Il est impossible d'introduire des courbes de raccordement longues et bien satisfaisantes, dans les anciennes lignes, sans faire des déviations nombreuses et assez considérables; cela entrainerait l'acquisition de nouveaux terrains, la modification des ouvrages d'art, etc.; c'est-à-dire toute une série de dépenses inacceptables.

Certaines Compagnies ont cependant introduit dans leurs anciennes lignes des raccordements courts de 20 à 40 m par exemple, qui ont une très grande efficacité comme je le montrerai; mais cela ne se fait pas partout, en sorte qu'il est intéressant de rechercher les inconvénients qui peuvent résulter de l'absence complète de courbes de raccordement.

Voici, en quelques mots, quel est le principe des courbes de raccordements paraboliques.

Depuis fort longtemps on sait calculer le dévers correspondant à la force centrifuge et l'on sait que la tangente de l'angle du dévers doit être égale à $\frac{\Phi}{P}$ pour que la résultante du poids et de la force centrifuge du véhicule soit normale à la voie.

(Φ force centrifuge et P, poids du véhicule).

Mais si un cercle succède instantanément à un alignement droit il est impossible de donner à l'angle du dévers, instantanément, la valeur $\frac{\Phi}{P}$ correspondant au rayon du cercle.

On est donc obligé de donner à l'angle du dévers une valeur lentement croissante, depuis zéro jusqu'à la valeur $\frac{\Phi}{P}$, avant l'entrée en courbe; mais alors ce dévers devient nuisible dans cet alignement droit; on peut y obvier en répartissant l'augmentation du dévers, moitié dans l'alignement droit, moitié dans le cercle; d'autre part, le plus souvent, on ne donne à la voie que le dévers qui correspond à une vitesse notablement inférieure au maximum de la vitesse des trains. Mais ce ne sont là que des

palliatifs; arrivons à la courbe de raccordement. M. Wiesbach, entre autres, en 1863 (*), en Allemagne eut l'idée d'intercaler une *courbe élastique* entre l'alignement droit et le cercle; c'est une courbe dont le rayon décroît depuis l'infini jusqu'au rayon du cercle.

Ensuite, en 1865, M. Chavès, Ingénieur à la Compagnie du Nord, remplaça cette courbe élastique par une série de cercles tangents entre eux et de rayons décroissants.

Enfin M. Nordling *(Annales des Ponts et Chaussées de 1867)* proposa un système de raccordements paraboliques qui est basé sur les principes suivants :

On se donne la condition que le rail extérieur doit s'élever suivant une pente *uniforme* pendant toute la courbe de raccordement, c'est-à-dire depuis l'alignement droit jusqu'au cercle; soit i la pente de ce rail extérieur; M. Nordling calcule sa courbe de raccordement de telle façon que, en tous les points de cette courbe, l'angle du dévers ait une tangente égale à $\frac{\Phi}{P}$; si cette condition est réalisée, il est clair que la résultante du poids et de la force centrifuge du véhicule sera normale à la voie en chaque point.

En se basant sur ce principe, M. Nordling est arrivé à calculer cette courbe qui est une courbe parabolique du troisième degré.

Cette forme de parabole n'est pas obligatoire; elle résulte de l'hypothèse de M. Nordling qui s'est imposé une *pente uniforme du dévers;* mais on peut avoir une excellente courbe de raccordement sans qu'elle soit parabolique pourvu que le dévers s'accroisse lentement et que le rayon décroisse lentement aussi depuis l'infini jusqu'au rayon du cercle.

A cette époque les trains étaient peu rapides et l'on se basait sur la vitesse de 65 km à l'heure pour le calcul de cette courbe.

Mais tout est bien changé depuis; il convient dès à présent de voir ce qui se passe à 120 km à l'heure, et même à la vitesse de 140 km à l'heure que les mécaniciens peuvent atteindre accidentellement, et même ce qui se passera aux vitesses plus grandes qu'on abordera un jour ou l'autre.

De plus, comme je l'ai dit ci-dessus, les anciennes lignes n'ont généralement pas de courbes de raccordement ou n'en ont que de fort courtes; il est donc très important de rechercher les

(*) Voir l'historique de la question dans l'ouvrage de M. Couche.

oscillations du matériel sur ses ressorts, quand il n'y a pas de courbes de raccordement ou quand il y en a d'insuffisantes, ou encore quand le dévers n'est pas celui qui correspond à la vitesse de marche (*).

I. — Action de la force centrifuge sur un véhicule circulant sur une voie ayant des courbes de raccordement lentes.

§ 1. — Étude de l'équilibre et des réactions sur les rails.

Considérons un véhicule roulant sur une voie en courbe circulaire permanente et de rayon constant, la voie ayant un dévers α (angle de la voie avec le plan horizontal). La courbe étant permanente, les ressorts n'auront pas d'oscillations. Soit P le poids total du véhicule (*fig. 1*) et Φ la force centrifuge appliquée au centre de gravité G. Je me propose de calculer les réactions normales Q et R et la réaction tangentielle S à la voie. Cette dernière S sera appliquée soit au boudin de gauche, soit à celui de droite, suivant l'intensité de la force centrifuge Φ. Appelons b l'écartement AB des points de contact des roues sur les rails et h la hauteur CG du centre de gravité au-dessus de AB.

Nous aurons les valeurs des réactions Q, R, S, en écrivant les trois relations suivantes :

1° Les moments par rapport à A se font équilibre ;
2° La somme des projections horizontales des forces $= 0$;
3° La somme des projections verticales des forces $= 0$.

Prenons d'abord les moments par rapport à A :

$$R \times \overline{AB} = P \times \overline{AD} - \Phi \times \overline{AE},$$

Abaissons la perpendiculaire CF du point C, milieu de AB sur la ligne horizontale AD.

Abaissons une autre perpendiculaire KCH sur les verticales GD et EA.

(*) Le mémoire qui va suivre est la reproduction d'un pli cacheté que j'ai déposé à l'Académie des Sciences, le 28 mai 1901, et dont un court extrait a été donné dans la séance de l'Académie du 8 mai 1905. J'ai seulement ajouté quelques notes au bas des pages et un Complément à la fin.

On a : $\overline{AD} = \overline{AF} + \overline{FD}$;

or $AF = \frac{b}{2} \cos \alpha$; $FD = CH = h \sin \alpha$;

donc $AD = \frac{b}{2} \cos \alpha + h \sin \alpha$;

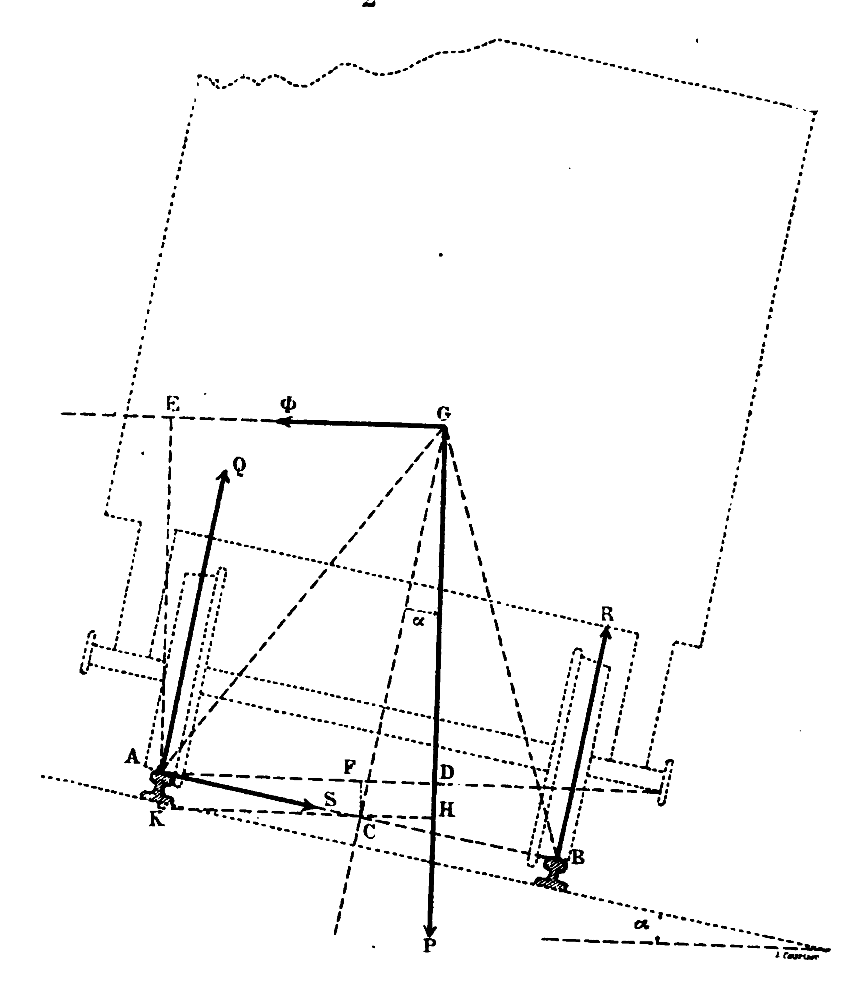


Fig. 1

D'autre part : $\overline{AE} = \overline{EK} - \overline{AK}$;

or $EK = GH = h \cos \alpha$; $AK = CF = \frac{b}{2} \sin \alpha$;

donc $\overline{AE} = h \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha$;

substituons donc l'équation des moments :

$$R \times b = P\left(\frac{b}{2}\cos\alpha + h\sin\alpha\right) - \Phi\left(h\cos\alpha - \frac{b}{2}\sin\alpha\right);$$

d'où l'on tire :

$$R = \frac{P}{2}\cos\alpha + P\frac{h}{b}\sin\alpha - \Phi\frac{h}{b}\cos\alpha + \frac{\Phi}{2}\sin\alpha;$$

cherchons à présent Q et S.

Écrivons que les projections horizontales des forces = 0.

$$\Phi = Q\sin\alpha + R\sin\alpha + S\cos\alpha;$$

d'où $$S = \frac{\Phi - Q\sin\alpha - R\sin\alpha}{\cos\alpha};$$

Écrivons que la somme des projections verticales des forces = 0.

$$P = Q\cos\alpha + R\cos\alpha - S\sin\alpha.$$

Remplaçons dans cette équation S par sa valeur ci-dessus :

$$P = Q\cos\alpha + R\cos\alpha - \frac{\Phi - Q\sin\alpha - R\sin\alpha}{\cos\alpha}\sin\alpha,$$

ou $$P = Q\cos\alpha + R\cos\alpha - \Phi\,\mathrm{tg}\,\alpha + Q\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha} + R\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha};$$

on en tire :

$$Q\left(\cos\alpha + \frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right) = P - R\cos\alpha + \Phi\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - R\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}$$

$$= P - R\left(\cos\alpha + \frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right) + \Phi\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha};$$

or $$\left(\cos\alpha + \frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right) = \frac{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}{\cos\alpha} = \frac{1}{\cos\alpha};$$

donc on a : $$\frac{Q}{\cos\alpha} = P - \frac{R}{\cos\alpha} + \Phi\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha};$$

ou $$Q = P\cos\alpha - R + \Phi\sin\alpha,$$

remplaçons R par sa valeur ci-dessus :

$$Q = P\cos\alpha - \left[\frac{P}{2}\cos\alpha + P\frac{h}{b}\sin\alpha - \Phi\frac{h}{b}\cos\alpha + \frac{\Phi}{2}\sin\alpha\right] + \Phi\sin\alpha,$$

$$Q = \frac{P}{2}\cos\alpha - P\frac{h}{b}\sin\alpha + \frac{\Phi}{2}\sin\alpha + \Phi\frac{h}{2}\cos\alpha.$$

On peut écrire Q et R sous la forme définitive suivante :

$$Q = \left[\frac{P}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi}{2}\sin\alpha\right] + \frac{h}{b}\left[\Phi\cos\alpha - P\sin\alpha\right] \quad [1]$$

$$R = \left[\frac{P}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi}{2}\sin\alpha\right] - \frac{h}{b}\left[\Phi\cos\alpha - P\sin\alpha\right] \quad [2]$$

on en conclut :

$$Q + R = P\cos\alpha + \Phi\sin\alpha,$$

ce qui est évident *a priori*.

Calculons S ; tirons-la de la valeur de P ci-dessus ; on a :

$$S = \frac{(Q+R)\cos\alpha - P}{\sin\alpha} = \frac{(P\cos\alpha + \Phi\sin\alpha)\cos\alpha - P}{\sin\alpha}$$

$$= P\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} + \Phi\frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\alpha} - \frac{P}{\sin\alpha},$$

$$S = P\frac{\cos^2 - 1}{\sin\alpha} + \Phi\cos\alpha = -P\frac{\sin^2\alpha}{\sin\alpha} + \Phi\cos\alpha$$
$$= \Phi\cos\alpha - P\sin\alpha,$$

$$S = \Phi\cos\alpha - P\sin\alpha. \quad [3]$$

§ 2. — Applications a des cas particuliers.

1er Cas. — *Dévers nul.* — Faisons $\alpha = 0$.

$$Q = \frac{P}{2} + \Phi\frac{h}{b}; \quad [4]$$

$$R = \frac{P}{2} - \Phi\frac{h}{b}; \quad [5]$$

$$S = \Phi. \quad [6]$$

2e Cas. — *Dévers complet.* — Faisons $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Phi}{P}$;

$$\Phi = P\operatorname{tg}\alpha = P\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha};$$

$$Q = \left[\frac{P}{2}\cos\alpha + \frac{P}{2}\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\sin\alpha\right] + \frac{h}{b}\left[P\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\cos\alpha - P\sin\alpha\right];$$

$$Q = \frac{P}{2}\left[\frac{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right] = \frac{P}{2\cos\alpha};$$

on a donc : $$Q = R = \frac{P}{2 \cos \alpha}, \quad [7]$$
$$S = 0 ; \quad [8]$$

ce qui est évident *a priori*.

3e Cas. — *Demi-dévers*. — Faisons $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \frac{\Phi}{P}$; $\Phi = 2P \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$;

$$Q = \left[\frac{P}{2} \cos \alpha + \frac{2P}{2} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha\right] + \frac{h}{b}\left[2P \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cos \alpha - P \sin \alpha\right];$$

$$Q = \frac{P}{2} \cos \alpha + P \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + P \frac{h}{b} \sin \alpha ;$$

$$R = \frac{P}{2} \cos \alpha + P \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} - P \frac{h}{b} \sin \alpha ;$$

$$S = \frac{2P \operatorname{tg} \alpha - P \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = \frac{P \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = \frac{P \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = P \sin \alpha ;$$

car $\cos^2 \alpha$ peut être considéré comme $= 1$.

Écrivons Q sous la forme :

$$Q = \frac{P}{2}\left(\cos \alpha + \frac{2 \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}\right) + P \frac{h}{b} \sin \alpha = \frac{P}{2} \frac{\cos^2 \alpha + 2 \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + P \frac{h}{b} \sin \alpha ;$$

$$Q = \frac{P}{2}\left(\frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}\right) + P \frac{h}{b} \sin \alpha = \frac{P}{2 \cos \alpha} + \frac{P}{2} \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + P \frac{h}{b} \sin \alpha.$$

Or le deuxième terme est négligeable ; on a donc :

$$Q = \frac{P}{2 \cos \alpha} + P \frac{h}{b} \sin \alpha ; \quad [9]$$

$$R = \frac{P}{2 \cos \alpha} - P \frac{h}{b} \sin \alpha ; \quad [10]$$

avec $$S = P \sin \alpha. \quad [11]$$

Conclusions.

Les calculs qui précèdent s'appliquent aux véhicules circulant sur une voie avec courbes, à condition que les parties droites soient reliées aux parties circulaires, et réciproquement.

au moyen des courbes de raccordement, comme cela se pratique dans les lignes nouvelles, quelquefois, depuis une vingtaine d'années; les raccordements paraboliques du troisième degré de M. Nordling constituent d'excellentes courbes de raccordement. De plus, les calculs qui précèdent supposent que ces courbes de raccordement sont assez longues pour que la force centrifuge augmente ou diminue progressivement, sans donner lieu à une ou plusieurs oscillations de la caisse sur les ressorts. On verra plus loin l'étude du cas où les courbes de raccordement sont courtes.

Dans les anciennes lignes, les parties circulaires de la voie succèdent brusquement aux parties rectilignes et inversement; heureusement que dans ces lignes on a eu la sagesse d'adopter de très grands rayons de courbes.

Quoi qu'il en soit, l'introduction ou la suppression brusque de la force centrifuge donne au véhicule une grande oscillation sur ses ressorts; cette oscillation peut donner lieu à des réactions Q, R et S, bien supérieures à celles qui ont été calculées ci-dessus. Ce fait important n'a jamais été signalé, que je sache. Je vais montrer comment on peut calculer ces réactions; j'espère que cette nouvelle théorie pourra rendre des services pour élucider des causes de déraillement qui n'ont jamais été expliquées et aussi pour permettre d'aborder des vitesses plus grandes qu'à présent, sans augmenter le danger.

II. — Théorie des oscillations sur ressorts, dans le cas d'un essieu circulant sur une voie sans courbes de raccordement.

§ 3. — Étude des oscillations et de la variation de la compression des ressorts.

(A) Étude simplifiée.

Considérons un véhicule de chemin de fer *(fig. 2)* placé sur deux ressorts et sur un seul essieu, circulant sur une voie sans courbes de raccordement. Je suppose que l'angle du dévers soit α, au point précis de l'entrée en courbe et de la sortie de courbe. Naturellement, même s'il n'y a pas de courbe de raccordement, il y a toujours un certain raccordement de dévers; son angle augmente progressivement, dans la partie droite, avant

d'atteindre la valeur α au point de l'entrée en courbe. Je suppose d'abord ce raccordement de dévers assez doux pour que le

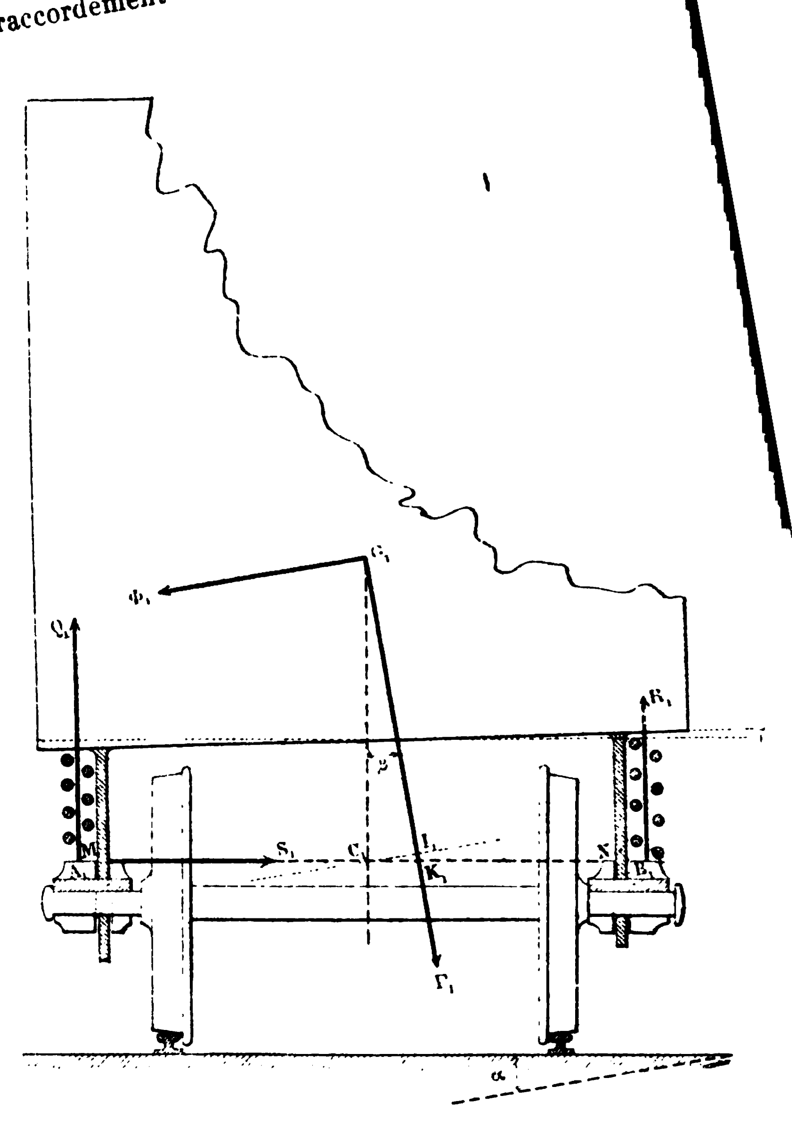


Fig. 2

dévers puisse être considéré comme constant pendant la de l'oscillation sur ressorts.

Soit P_1 le poids du châssis sur ressorts,

G_1 son centre de gravité,

Φ_1 la force centrifuge de ce châssis dans la courbe circulaire de la voie.

Soient Q_1 et R_1 les réactions des ressorts qui se produiront dans la courbe, à l'état d'équilibre, après cessation des oscillations sur ressorts.

La réaction S_1 parallèle à la voie s'exerce aux points M et N; ce sont les plaques de garde qui viennent s'appuyer sur les boîtes à graisse; je suppose que le jeu des boîtes à graisse dans les plaques de garde soit assez grand pour que cette butée ait lieu sans coincement, ce qui est le cas habituel pour les voitures modernes de chemins de fer. Nous allons calculer Q_1, R_1, S_1.

Tout d'abord, remarquons que le *centre d'oscillation* sera en C_1, milieu de la ligne M N. Dans le cas où la voie est sans dévers on peut dire que C_1 est bien rigoureusement le centre d'oscillation; en effet M et N sont les points d'articulation avec glissements; or les glissements sont égaux, l'un dans un sens l'autre dans l'autre, puisque, dans ce cas, la somme des réactions $Q_1 + R_1 = P_1$.

Donc le point C_1, considéré comme faisant partie de la caisse, reste toujours à la même place (*).

Dans le cas où le dévers α existe, et reste borné à un angle faible, comme dans la pratique, on peut admettre que C_1 est encore le centre d'oscillation, avec assez d'exactitude, car $(Q_1 + R_1)$ reste à peu près constant (**).

Dans cette étude simplifiée je suppose qu'on néglige l'angle γ (fig. 2); je tiens compte du moment de P_1 par rapport à C_1 mais je

(*) Cette conception nouvelle du *centre d'oscillation* est la base du présent mémoire faisant l'objet de mon pli cacheté du 28 mai 1901; on verra toutes les conséquences que j'en tire dans ce mémoire et dans mes autres études. J'ai donc déterminé la position de ce centre d'oscillation pour les voitures à deux essieux ou à bogies. Pour les machines (voir § 19 ci-après), je me suis contenté de dire « qu'il faudra chercher sa position en tenant compte de ce fait que les essieux ne sont pas à la même hauteur ».

Depuis cette époque, M. Herdner, Ingénieur en Chef, adjoint à l'Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer du Midi, est arrivé, comme moi, à la conception de ce centre qu'il a appelé « centre élastique » et cela sans connaître mes études; il en a poussé la recherche plus loin que moi; il a fixé sa position, pour les locomotives, en tenant compte de la hauteur des divers essieux, de leur charge, de la flexibilité des ressorts, etc.

Il en résulte que les recherches de M. Herdner viennent, à ce point de vue, fort heureusement compléter mes études.

(*Recherches sur le fonctionnnement des organes de suspension dans les locomotives*, *Revue Générale des Chemins de fer* de juin 1905).

(**) Il y a cependant une très légère translation du centre d'oscillation C_1 dont je tiens compte dans les équations [18] et [19] ci-après.

néglige ses variations dues à la flexion des ressorts ; je néglige aussi le frottement des lames de ressorts et les frottements en M et N ; je tiendrai compte de tout cela dans une étude plus complète au § 10 ci-après ; il en résulte que l'angle β peut être considéré ici comme $= \alpha$.

Revenons au calcul de Q_1, R_1, et S_1. — Menons une horizontale par C_1.

Prenons les moments par rapport à C_1 ; on a :

$$R_1 \times \overline{C_1B_1} + \Phi_1 \times \overline{I_1G_1} = Q_1 \times \overline{C_1A_1} + P_1 \times \overline{C_1I_1};$$

Posons $\overline{A_1B_1} = b_1$;

il en résulte que $\overline{C_1B_1} = \overline{C_1A_1} = \frac{b_1}{2}$.

Posons $C_1G_1 = h_1$;

il en résulte que $I_1G_1 = h_1 \cos \alpha$; $C_1I_1 = h_1 \sin \alpha$.

Substituons. On a donc :

$$R \times \frac{b_1}{2} + \Phi_1 h_1 \cos \alpha = Q_1 \times \frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin \alpha\,;$$

c'est l'équation des moments.

Écrivons que les sommes des projections horizontales et verticales $= 0$.

$$\Phi_1 = Q_1 \sin \alpha + R_1 \sin \alpha + R_1 \cos \alpha\,;$$

$$P_1 = Q_1 \cos \alpha + R_1 \cos \alpha - S_1 \sin \alpha\,;$$

On tire de la deuxième équation :

$$S_1 = \frac{Q_1 \cos \alpha + R_1 \cos \alpha - P_1}{\sin \alpha}.$$

Substituons S_1 dans la première de ces équations :

$$\Phi_1 = Q_1 \sin \alpha + R_1 \sin \alpha + \frac{Q_1 \cos^2 \alpha + R_1 \cos^2 \alpha - P_1 \cos \alpha}{\sin \alpha};$$

$$\Phi_1 = Q_1 \sin \alpha + R_1 \sin \alpha + \frac{Q_1}{\sin \alpha} + \frac{R_1}{\sin \alpha} - P_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

(en confondant $\cos^2 \alpha$ avec l'unité).

$$Q_1\left(\sin \alpha + \frac{1}{\sin \alpha}\right) = \Phi_1 - R_1\left(\sin \alpha + \frac{1}{\sin \alpha}\right) + P_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Or $$\left(\sin\alpha + \frac{1}{\sin\alpha}\right) = \frac{\sin^2\alpha + 1}{\sin\alpha} = \frac{1}{\sin\alpha}$$

(en confondant $\sin^2\alpha$ avec 0);

donc $$\frac{Q_1}{\sin\alpha} = \Phi_1 - \frac{R_1}{\sin\alpha} + P_1\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha};$$

ou $$Q_1 = \Phi_1 \sin\alpha - R_1 + P_1\cos\alpha;$$

substituons dans l'équation des moments :

$$R_1 \times \frac{b_1}{2} + \Phi_1 h_1 \cos\alpha = [\Phi_1\sin\alpha - R_1 + P_1\cos\alpha]\frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin\alpha$$

$$R_1 \times b_1 = P_1 h_1 \sin\alpha + \Phi_1\frac{b_1}{2}\sin\alpha + P_1\frac{b_1}{2}\cos\alpha - \Phi_1 h_1\cos\alpha.$$

et finalement :

$$R_1 = \left[\frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right] - \frac{h_1}{b_1}[\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha]$$

substituons dans la valeur de Q_1 ci-dessus, on a :

$$Q_1 = \Phi_1\sin\alpha + P_1\cos\alpha - \left[\frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right] + \frac{h_1}{b_1}[\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha],$$

et finalement :

$$Q_1 = \left[\frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right] + \frac{h_1}{b_1}[\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha].$$

Calculons maintenant S_1 d'après sa valeur ci-dessus.

En ajoutant la valeur de Q_1 et R_1 on a :

$$Q_1 + R_1 = P_1\cos\alpha + \Phi_1\sin\alpha;$$

donc

$$S = \frac{(P_1\cos\alpha + \Phi_1\sin\alpha)\cos\alpha - P_1}{\sin\alpha} = P_1\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} + \Phi_1\frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\alpha} - \frac{P_1}{\sin\alpha}$$

$$S = \frac{P_1}{\sin\alpha}(\cos^2\alpha - 1) + \Phi_1\cos\alpha = -P_1\frac{\sin^2\alpha}{\sin\alpha} + \Phi_1\cos\alpha$$
$$= \Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha.$$

On a donc finalement :

$$Q_1 = \left[\frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right] + \frac{h_1}{b_1}[\Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha]; \quad [12]$$

$$R_1 = \left[\frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right] - \frac{h_1}{b_1}[\Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha]; \quad [13]$$

$$S_1 = \Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha. \quad [14]$$

Ces trois équations sont les mêmes que les équations [1], [2] et [3], comme on pouvait le prévoir.

Ces équations [12], [13], [14], sont celles de l'équilibre, en quelque sorte, statique, c'est-à-dire celles de l'équilibre en courbe *après amortissement complet des oscillations* de la caisse sur les deux ressorts. Mais ce qu'il faut connaître, ce sont les valeurs Q_2, R_2 et S_2 des trois réactions, aux mêmes points, à la fin de la première oscillation sur les ressorts. Comme toujours c'est par un moyen graphique que nous allons voir exactement ce qui se passe et calculer ces trois réactions.

Représentons-nous bien ce qui se passe ici. Avant l'entrée en courbe, le dévers α existe déjà, mais la force centrifuge Φ_1 n'existe pas; ces trois réactions seront donc données par les équations [12], [13] et [14] dans lesquelles on fait $\Phi_1 = 0$. Appelons I le moment d'inertie de la caisse autour du centre d'oscillation C_1 et γ *(fig. 2)* l'angle d'inclinaison de la caisse, non par rapport à l'horizontale, mais par rapport à l'axe de l'essieu, par suite de la flexion des ressorts. L'équation du mouvement de cette caisse est :

$$I\frac{d^2\gamma}{dt^2} = \text{somme algébrique de [moment de } \Phi_1$$

$$+ \text{ mom. de } P_1 + \text{ mom. de } (q - r)].$$

J'appelle ici $(q - r)$ la différence des réactions variables q et r des ressorts.

Ici encore la méthode graphique va nous dispenser de faire l'intégration.

Prenons pour abscisses *(fig. 3)* les valeurs de l'angle γ de l'inclinaison de la caisse par rapport à la direction de l'essieu et, pour ordonnées, les valeurs des moments des forces agissant sur la caisse, pris autour du centre d'oscillation C_1 de la figure 17. Représentons par OA *(fig. 3)* la courbe des moments de $(q - r)$; c'est une ligne droite.

Appelons encore a la flèche de chaque ressort sous la charge statique $\frac{P_1}{2}$; la condition qui précède sera remplie quand la rotation γ sera telle que le ressort de gauche ait fléchi d'une nouvelle quantité a; à ce moment l'angle γ sera tel que $\operatorname{tg} \gamma = \frac{a}{\left(\frac{b_1}{2}\right)} = \frac{2a}{b_1}$. Donc en confondant l'angle γ avec sa tangente, ce qui est

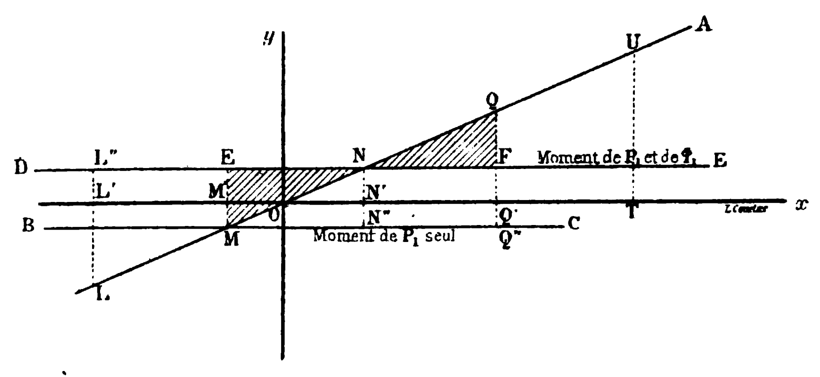


Fig. 3

admissible, la ligne OA s'obtiendra en portant une abscisse $OT = \frac{2a}{b_1}$ *(fig. 3)*, et en portant une crdonnée TU égale au moment de P_1 par rapport à O_1 ou $P_1 \times \frac{b_1}{2}$.

Voilà donc la ligne OA connue, ou courbe des moments de $(q - r)$.

Maintenant, traçons la ligne BC, représentant le moment constant de P_1 seul; traçons aussi la ligne DE, représentant le moment constant de P_1 et de Φ_1.

Avant l'entrée en courbe, l'équilibre existe quand le moment de $(q - r)$ est égal au moment de P_1, c'est-à-dire pour un angle $\gamma = - OM'$.

Après l'entrée en courbe, et après l'amortisssement des oscillations, l'équilibre existera quand le moment de $(q - r)$ sera égal au moment de P_1 et de Φ_1, c'est-à-dire pour l'angle $\gamma = ON'$.

Maintenant, quelle sera la valeur de $(q - r)$ à la fin de la pre-

mière oscillation de la caisse sur ses ressorts? Appelons-la $(Q_2 - R_2)$.

L'équation du moment de la caisse est la suivante :

$$I\frac{d\omega}{dt} = \mathfrak{M}.$$

(I, moment d'inertie par rapport à C_1 (*fig. 2*); ω, vitesse angulaire; t, temps.)

Or $\qquad \omega = \frac{d\gamma}{dt}; \qquad$ d'où $dt = \frac{d\gamma}{\omega}$;

l'équation du mouvement peut s'écrire :

$$Id\omega = \mathfrak{M}dt = \mathfrak{M}\frac{d\gamma}{\omega}, \quad \text{ou } I\omega d\omega = \mathfrak{M}d\gamma,$$

ou, en intégrant : $\qquad \frac{1}{2}I\omega^2 = \int_{\gamma_0}^{\gamma}\mathfrak{M}d\gamma;$

or, $\frac{1}{2}I\omega^2$, c'est la $\frac{1}{2}$ force vive de rotation du châssis, et $\int_{\gamma_0}^{\gamma}\mathfrak{M}d\gamma$ est l'aire déterminée par la courbe représentant le moment des forces extérieures. Donc, la première oscillation prendra fin quand la $\frac{1}{2}$ force vive sera nulle, ou quand $\int_{\gamma_0}^{\gamma}\mathfrak{M}d\gamma = 0$.

Or, la droite OA représente la courbe des moments de $(Q - R)$; la même droite représente aussi la courbe des moments de toutes les forces extérieures q, r, P_1, Φ_1, en tenant compte des signes, à condition de prendre cette fois pour axe des x la ligne DE au lieu de Ox.

Donc on aura $\int^{\gamma}\mathfrak{M}d\gamma = 0$, à condition que la surface du triangle NME égale la surface du triangle NFQ; il en résulte que NF = NE; en d'autres termes : *l'amplitude de la première oscillation sera le double de celle qui se produit en passant de la position d'équilibre avant l'entrée en courbe à la position d'équilibre après l'entrée en courbe et amortissement des oscillations.*

Il en résulte que la ligne verticale Q'Q est le double de la ligne verticale N'N, et c'est là un résultat important, dont nous allons nous servir.

Maintenant, appelons $(q' - r')$ la valeur de $(q - r)$ avant l'entrée en courbe, et $(q'' - r'')$ la valeur de $(q - r)$ après l'entrée

en courbe et amortissement des oscillations. D'après les équations [12], [13], [14],

on a : $\left\{\begin{array}{l} q' = \frac{P_1}{2}\cos\alpha - \frac{h_1}{b_1}P_1 \sin\alpha \\ r' = \frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{h_1}{b_1}P_1\sin\alpha \end{array}\right\} (q'-r') = -2\frac{h_1}{b_1}P_1\sin\alpha;$

d'autre part, on en tire : $(q^{\cdot} - r^{\cdot}) = 2\frac{h_1}{b_1}\left[\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha\right].$

Appelons maintenant Q_2, R_2 et S_2 les trois réactions à la fin de la première oscillation; calculons d'abord $(Q_2 - R_2)$.

La figure 3 nous donne précisément la valeur du moment de $(Q_2 - R_2)$; elle est égale à l'ordonnée $QQ' = Q^{\cdot}Q - Q^{\cdot}Q'$ $= 2$ fois $NN^{\cdot} - Q^{\cdot}Q'$. Donc on a :

Mom. de $(Q_2 - R_2) = 2$ fois Mom. de $(q^{\cdot} - r^{\cdot})$ — Mom. de $(q' - r')$ (*).

Comme les bras de leviers de tous les moments sont les mêmes, on peut écrire :

$$(Q_2 - R_2) = 2(q^{\cdot} - r^{\cdot}) - (q' - r');$$

remplaçons $(q^{\cdot} - r^{\cdot})$ et $(q' - r')$ par leurs valeurs, nous aurons :

$$(Q_2 - R_2) = 4\frac{h_1}{b_1}[\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha] + 2\frac{h_1}{b_1}P_1\sin\alpha;$$

$$(Q_2 - R_2) = 4\frac{h_1}{b_1}\Phi_1\cos\alpha - 2\frac{h_1}{b_1}P_1\sin\alpha.$$

Écrivons que la somme des projections des forces sur les directions de q et $r = 0$.

A première vue, l'équation s'écrirait :

$$Q_2 + R_2 = P_1\cos\alpha + \Phi_1\sin\alpha.$$

Mais il y a une très légère composante de la force d'inertie, dont il convient de tenir compte (**), et qui résulte de ce que

(*) En effet, on a : $QQ' = 2(NN' + N'N'') - N'N'' = 2NN' + N'N''$;

or $\left\{\begin{array}{l} NN' = \text{Mom. de } (q' - r'); \\ N'N'' = - \text{Mom. de } (q' - r'); \end{array}\right.$

Mom. de $(Q_2 - R_2) = QQ' = 2 \times$ Mom. de $(q'' - r'')$ — Mom. de $(q' - r')$.

(**) Dans mon pli cacheté du 28 mai 1901, à l'Académie des Sciences, je n'ai pas tenu compte de cette force d'inertie, ce qui revenait à supprimer le coefficient 2 devant $\frac{\Phi_1}{2}$ dans les premiers membres des équations [15] et [16]. En pratique, la différence des résultats est négligeable; mais la nouvelle forme que je donne aux équations [15] et [16] est plus rigoureuse au point de vue mathématique.

Il n'est donc pas tout à fait exact de dire que le véhicule oscille autour d'un axe d'oscillation parallèle à la voie, et passant par le centre d'oscillation C_1 de la figure 2; il y a, en réalité, une très légère translation de haut en bas de ce centre C_1, qui tient, je le répète, à ce que la force centrifuge n'est pas exactement parallèle à la voie; mais c'est très peu de chose pratiquement.

la force centrifuge n'est pas parallèle au plan de la voie, à cause du dévers; la force d'inertie, à la fin de cette première oscillation, est égale à Φ_1, comme on va le voir, en grandeur et en direction; la composante en question est donc égale à $\Phi_1 \sin \alpha$, ce qui fait que l'équation précédente devient :

$$Q_2 + R_2 = P_1 \cos \alpha + 2\Phi_1 \sin \alpha.$$

Ajoutons les valeurs de $(Q_2 - R_2)$ et de $(Q_2 + R_2)$, il vient, en divisant par 2 :

$$Q_2 = \left[\frac{P_1}{2} \cos \alpha + 2\frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right] + \left[2\Phi_1 \frac{h_1}{b_1} \cos \alpha - \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha\right]. \quad [15]$$

Retranchons ces valeurs et divisons par 2 :

$$R_2 = \left[\frac{P_1}{2} \cos \alpha + 2\frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right] - \left[2\Phi_1 \frac{h_1}{b_1} \cos \alpha - \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha\right]. \quad [16]$$

Jusqu'ici, nous avons calculé Q_2 et R_2 sans connaître la valeur de la force d'inertie de rotation de la caisse à la fin de la première oscillation; mais il nous faut la connaître pour calculer S_2, et pour le motif que je viens d'indiquer.

Cette force d'inertie a un moment représenté par $I \frac{d^2\gamma}{dt^2}$, c'est une force qui s'ajoute à Φ_1, en agissant dans le même sens.

Soit Φ_2, une force telle que :

$$\text{Mom. de } \Phi_2 = \text{Mom. de } \Phi_1 + I \frac{d^2\gamma}{dt^2}.$$

Nous allons calculer aisément Φ_2, en prenant les moments par rapport à C_1, à la fin de la première oscillation :

$$\text{Mom. de } \Phi_2 = \text{Mom. de } (Q_2 - R_2) + \text{Mom. de } P_1;$$

or $$\Phi_2 h_1 \cos \alpha = (Q_2 - R_2)\frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin \alpha;$$

$$\Phi_2 h_1 \cos \alpha = \left[4\frac{h_1}{b_1}\Phi_1 \cos \alpha - 2\frac{h_1}{b_1}P_1 \sin \alpha\right]\frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin \alpha;$$

$$\Phi_2 h_1 \cos \alpha = 2\frac{h_1}{b_1}\Phi_1 \cos \alpha\, b_1 - \frac{h_1}{b_1}P_1 \sin \alpha\, b_1 + P_1 h_1 \sin \alpha;$$

$$\Phi_2 h_1 \cos \alpha = 2\frac{h_1}{b_1}\Phi_1 \cos \alpha\, b_1 = 2h_1\Phi_1 \cos \alpha.$$

$$\Phi_2 = 2\Phi_1.$$

Donc Φ_2 se compose de la force centrifuge Φ_1, plus une autre fois Φ_1, qui représente la force d'inertie à la fin de la première oscillation, comme je l'ai annoncé ci-dessus.

Cela posé, écrivons que la somme des projections des forces sur la direction de la voie égale 0.

$$S_2 = \Phi_2 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha = 2\Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha$$

ou $$S_2 = 2\Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha. \qquad [17]$$

Les équations [15], [16] et [17] sont très importantes; elles montrent à quel point la valeur de R_2 est diminuée à la fin de la première oscillation. D'autre part, on voit que la valeur de S_2 est considérable, ce qui peut riper la voie.

Cherchons maintenant la valeur des réactions Q_3, R_3, S_3 à la sortie de la courbe, à la fin de la première oscillation. On suppose, bien entendu, que la sortie de courbe ne s'effectue qu'après l'amortissement complet des oscillations de l'entrée en courbe.

Calculons d'abord $(Q_3 - R_3)$; or, l'ordonnée L'L représente le moment de $(Q_3 - R_3)$.

D'autre part, la longueur LL' est égale à deux fois la hauteur EM, en reprenant le même raisonnement que dans l'entrée en courbe.

Donc l'ordonnée L'L *est égale à deux fois la longueur* EM, *moins la longueur* L'L'; d'autre part, les bras de leviers de tous les moments étant les mêmes, on peut écrire les valeurs des forces au lieu des valeurs des moments; on a donc (en écrivant la traduction algébrique de la dernière phrase soulignée) :

$$-(Q_3 - R_3) = 2 \text{ fois } \left[-(q' - r') + (Q_1 - R_1)\right] - (Q_1 - R_1);$$

$$-(Q_3 - R_3) = -2(q' - r') + (Q_1 - R_1);$$

$$(Q_3 - R_3) = -(Q_1 - R_1) + 2(q' - r');$$

$$(Q_3 - R_3) = -2\frac{h_1}{b_1}\left[\Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha\right] - 4\frac{h_1}{b_1} P_1 \sin\alpha.$$

D'autre part, écrivons que la somme des projections des forces sur les directions de q et de r est nulle; à première vue, l'équation s'écrirait :

$$(Q_3 + R_3) = P_1 \cos\alpha.$$

Mais comme ci-dessus, il y a lieu de tenir compte de la composante de la force d'inertie (*); cette équation devient :

$$(Q_3 + R_3) + \Phi_1 \sin \alpha = P_1 \cos \alpha;$$

d'où : $$(Q_3 + R_3) = P_1 \cos \alpha - \Phi_1 \sin \alpha.$$

Ajoutons membre à membre les valeurs de $(Q_3 - R_3)$ et de $(Q_3 + R_3)$;

$$2Q_3 = P_1 \cos \alpha - \Phi_1 \sin \alpha - 2\frac{h_1}{b_1}\Phi_1 \cos \alpha + 2\frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha$$

$$- 4\frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha;$$

$$Q_3 = \left[\frac{P_1}{2}\cos \alpha - \frac{\Phi_1}{2}\sin \alpha\right] - \frac{h_1}{b_1}\left[\Phi_1 \cos \alpha + P_1 \sin \alpha\right] \quad [18]$$

$$R_3 = \left[\frac{P_1}{2}\cos \alpha - \frac{\Phi_1}{2}\sin \alpha\right] + \frac{h_1}{b_1}\left[\Phi_1 \cos \alpha + P_1 \sin \alpha\right] \quad [19]$$

Avant d'évaluer S_3, calculons la force Φ' dont le moment soit équivalent au moment de la force d'inertie à la fin de la première oscillation I $\frac{d^2\gamma}{dt^2}$, comme pour l'entrée en courbe.

Moment de Φ' = moment de $(Q_3 - R_3)$ + moment de P_1 (en tenant compte des signes).

$$\Phi' h_1 \cos \alpha = (Q_3 - R_3)\frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin \alpha$$

$$= 2\left[\frac{h_1}{b_1}\Phi_1 \cos \alpha + \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha\right]\frac{b_1}{2} + P_1 h_1 \sin \alpha;$$

$$\Phi' h_1 \cos \alpha = - h_1 \Phi_1 \cos \alpha - h_1 P_1 \sin \alpha + P_1 h_1 \sin \alpha = - h_1 \Phi_1 \cos \alpha.$$

Donc $\Phi' = - \Phi_1$ ou $\Phi' = \Phi_1$ en considérant sa valeur absolue.

Maintenant écrivons que la somme des projections des forces sur la direction de la voie, ou de S_3, est nulle, on a :

$$- S_3 = \Phi' \cos \alpha + P_1 \sin \alpha;$$

donc on a : $$S_3 = - [\Phi_1 \cos \alpha + P_1 \sin \alpha]. \quad [20]$$

(*) Dans mon pli cacheté précité, je n'ai pas tenu compte de cette composante, ce qui revenait à supprimer les termes $\frac{\Phi_1}{2}\sin \alpha$ dans les premiers termes des équations [18] et [19]; ici encore les différences sont négligeables en pratique, mais la nouvelle forme que je donne aux équations [18] et [19] est plus mathématique.

Telles sont les valeurs des trois réactions pour la sortie de courbe, à la fin de la première oscillation.

Dans tout ce qui précède, je n'ai étudié que la première oscillation.

Il est facile d'étudier les oscillations suivantes et leur décroissance rapide, d'après les méthodes graphiques exposées dans mes divers mémoires; mais cela n'a guère d'intérêt pratique, puisque nous connaissons les réactions maxima à la fin de la première oscillation, et les réactions définitives après amortissement des oscillations, soit à l'entrée en courbe, soit à la sortie.

§ 4. — Application au cas du dévers nul.

Il est facile d'appliquer ces formules au cas du dévers nul en faisant $\alpha = 0$; on a, dans ce cas (*) :

$$\left.\begin{aligned} Q_2 &= \frac{P_1}{2} + 2\Phi_1 \frac{h_1}{b_1} && [21] \\ R_2 &= \frac{P_1}{2} - 2\Phi_1 \frac{h_1}{b_1} && [22] \\ S_2 &= 2\Phi_1 && [23] \end{aligned}\right\} \text{Pour l'entrée en courbe, fin de la première oscillation.}$$

$$\left.\begin{aligned} Q_3 &= \frac{P_1}{2} - \Phi_1 \frac{h_1}{b_1} && [24] \\ R_3 &= \frac{P_1}{2} + \Phi_1 \frac{h_1}{b_1} && [25] \\ S_3 &= \Phi_1 && [26] \end{aligned}\right\} \text{Pour la sortie de courbe, fin de la première oscillation.}$$

Ici, l'entrée en courbe est donc plus dangereuse que la sortie.

§ 5. — Application au cas du dévers complet.

L'application au cas du dévers complet se fait aisément en remarquant que :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Phi_1}{P_1} \text{ ou } \Phi_1 = P_1 \operatorname{tg} \alpha.$$

(*) Les applications qui vont suivre ayant un caractère purement pratique, j'ai supprimé tous les termes qui sont pratiquement négligeables.

On a :

$$Q_2 = \frac{P_1}{2}\cos\alpha + \frac{P_1}{2}\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha} + 2P_1\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\frac{h_1}{b_1}\cos\alpha - \frac{h_1}{b_1}P_1\sin\alpha;$$

$$Q_2 = \frac{P_1}{2}\frac{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}{\cos\alpha} + P_1\frac{h_1}{b_1}\sin\alpha;$$

$$Q_2 = \frac{P_1}{2\cos\alpha} + \frac{h_1}{b_1}\Phi_1\cos\alpha, \quad [27]$$

$$R_2 = \frac{P_1}{2\cos\alpha} - \frac{h_1}{b_1}\Phi_1\cos\alpha; \quad [28]$$

$$S_2 = \frac{\Phi_1}{\cos\alpha} \quad [29]$$

Pour l'entrée en courbe à la fin de la première oscillation.

Pour la sortie en courbe :

$$Q_3 = \frac{P_1}{2}\cos\alpha - \frac{h_1}{b_1}\left[P_1\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\cos\alpha + P_1\sin\alpha\right] \qquad \text{d'où :}$$

$$Q_3 = \frac{P_1}{2}\cos\alpha - 2\frac{h_1}{b_1}\frac{\Phi_1}{\cos\alpha}; \quad [30]$$

$$R_3 = \frac{P_1}{2}\cos\alpha + 2\frac{h_1}{b_1}\frac{\Phi_1}{\cos\alpha}; \quad [31]$$

$$S_3 = 2P_1\sin\alpha = 2\Phi_1 \text{ environ.} \quad [32]$$

Pour la sortie de la courbe à la fin de la première oscillation. On voit que, dans ce cas, la sortie est plus dangereuse que l'entrée.

Comparons l'équation [28] avec l'équation [13] dans laquelle on ferait $\alpha = 0$; les valeurs obtenues de R_2 et R_1 sont à peu près les mêmes, l'angle α étant toujours assez petit.

Donc, dans le cas de dévers complet, à l'entrée en courbe, le ressort de droite sera aussi déchargé qu'il le serait sous l'action statique de Φ_1, s'il n'y avait pas de dévers.

De même pour la sortie de courbe, comparons l'équation [30] avec l'équation [18] dans laquelle on ferait $\alpha = 0$.

Dans le cas de dévers complet, à la sortie de courbe, le ressort de gauche sera deux fois plus déchargé qu'il ne le serait à l'état statique, par suite du dévers, sur une voie en alignement droit qui aurait le même dévers.

On voit donc que c'est une erreur de croire que les trains ne peuvent dérailler par la force centrifuge quand le dévers est complet et que la voie n'a pas de courbe de raccordement.

§ 6. — Application au cas du demi-dévers

Passons au cas du $\frac{1}{2}$ dévers ou $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \frac{\Phi_1}{P_1}$;

où $$\Phi_1 = 2P_1 \operatorname{tg} \alpha;$$

Substituons dans l'équation [15] :

$$Q_2 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha + P_1 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha + 4P_1 \frac{h_1}{b_1} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cos \alpha - \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha;$$

$$Q_2 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha + P_1 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + 3P_1 \frac{h_1}{b_1} \sin \alpha$$

$$= \frac{P_1}{2} \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) + 3P_1 \frac{h_1}{b_1} \sin \alpha.$$

Or on a : $$\Phi_1 = 2P_1 \operatorname{tg} \alpha = 2P_1 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

ou $$P_1 \sin \alpha = \frac{\Phi_1}{2} \cos \alpha;$$

Donc :

$$Q_2 = \frac{P_1}{2 \cos \alpha} + \frac{3}{2} \Phi_1 \frac{h_1}{b_1} \cos \alpha; \qquad [33]$$

et de même :

$$R_2 = \frac{P_1}{2 \cos \alpha} - \frac{3}{2} \Phi_1 \frac{h_1}{b_1} \cos \alpha; \qquad [34]$$

$$S_2 = \frac{4 P_1 \operatorname{tg} \alpha - P_1 \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} \leq \frac{3 P_1 \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3}{2} \frac{\Phi_1}{\cos \alpha} = 3 P_1 \operatorname{tg} \alpha \text{ environ};$$

$$S_2 = 3P_1 \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{2} \frac{\Phi}{\cos \alpha}. \qquad [35]$$

Passons à la sortie de courbe; appliquons la formule [18] :

$$Q_3 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha - \left[\frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha + \frac{h_1}{b_1} \times 2 P_1 \operatorname{tg} \alpha \cos \alpha \right]$$

$$= \frac{P_1}{2} \cos \alpha - \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha - 2 \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha;$$

$$Q_3 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha - 3 \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha; \quad \text{or } P_1 = \frac{\Phi_1}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\Phi_1 \cos \alpha}{2 \sin \alpha};$$

On a donc :

$$Q_3 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha - \frac{3}{2} \frac{h_1}{b_1} \Phi_1 \cos \alpha; \quad [36]$$

et, de même :

$$R_3 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha + \frac{3}{2} \frac{h_1}{b_1} \Phi_1 \cos \alpha; \quad [37]$$

$$S_3 = 3 P_1 \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{2} \Phi_1. \quad [38]$$

En comparant les formules [33] à [35] et [36] à [38], on voit que, dans le cas du demi-dévers, les réactions sont à peu près égales, et renversées, à l'entrée et à la sortie de courbe ; on voit de suite que le demi-dévers est moins dangereux que le dévers complet, s'il n'y a pas de courbes de raccordement de la voie.

En pratique, avec les grandes vitesses que les trains atteignent parfois, on se trouve le plus souvent placé dans un cas assez voisin du cas du demi-dévers; mais, même dans ce cas, on voit que les réactions sont bien plus fortes qu'on ne le pensait jusqu'à présent.

§ 7. — Durée des oscillations.

Il est important de connaître la durée des oscillations de la caisse sur ses ressorts, pour savoir le point précis de la voie

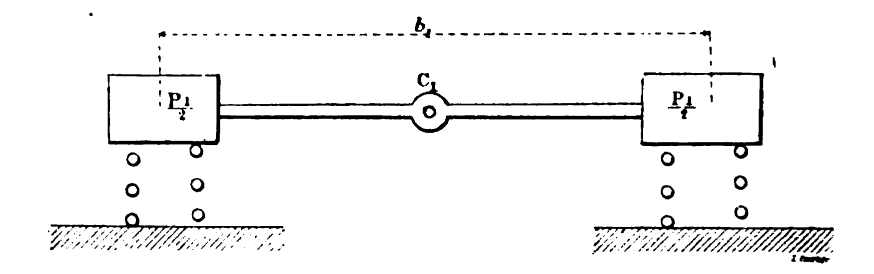


Fig. 4

auquel finit la première oscillation, point très dangereux comme on l'a vu, d'abord parce que la roue peut se soulever, ensuite parce que la valeur de S_2 ou S_3 peut riper la voie.

Nous supposons d'abord que la voie n'ait pas de dévers.

Nous allons ramener la question au cas du problème de Poncelet ou problème de l'oscillation de la tige élastique (*).

Supposons d'abord qu'on puisse considérer le poids de la caisse comme concentré en deux poids $\frac{P_1}{2}$ situés dans l'horizontale du centre d'oscillation *(fig. 4)*.

Alors un poids $\frac{P_1}{2}$ monte pendant que l'autre descend ; ils oscillent comme s'ils étaient isolés, avec une durée :

$$t = \pi \sqrt{\frac{K\left(\frac{P_1}{2}\right)}{g}},$$

(K étant la flexibilité de chaque ressort par unité de poids).

Mais quelle sera la durée de l'oscillation, en pratique, si la caisse a un moment d'inertie I ou un rayon de giration ρ par rapport au centre d'oscillation C_1 de la figure 2? La solution résulte de la comparaison avec le cas du pendule composé; on a, pour ce pendule :

$$t = \pi \sqrt{\frac{\left(l + \frac{K^2}{l}\right)}{g}},$$

(l, distance du point de suspension au centre de gravité),
(K, rayon de giration par rapport au centre de gravité).

Dans ce pendule composé, appelons I' le moment d'inertie par rapport au point de suspension et ρ' le rayon de giration par rapport au même point.

On a : $$I' = M(K^2 + l^2) = M\left(l + \frac{K^2}{l}\right)l$$

$$l + \frac{K^2}{l} = \frac{I'}{Ml},$$

M étant la masse du pendule.

$$t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{I'}{Ml}\right)}{g}}; \qquad \text{or } I' = M\rho'^2; \qquad \frac{I'}{M} = \rho'^2$$

donc $$t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{\rho'^2}{l}\right)}{g}} = \pi \frac{\rho'}{l} \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

(*) Voir la *Résistance des Matériaux*, de Collignon, édition de 1869, page 21.

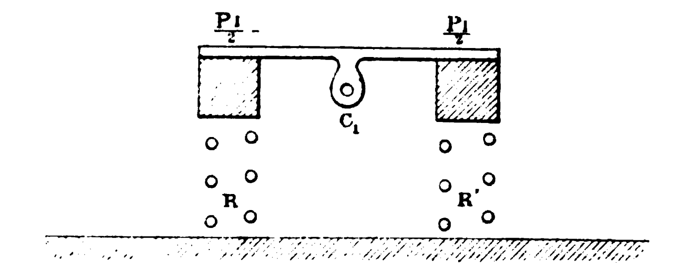
Donc si l'on compare plusieurs pendules ayant même valeur de l, leurs durées d'oscillations sont proportionnelles aux valeurs de ρ'.

Ceci posé, revenons à notre problème; on a un corps oscillant soumis à des forces dont le moment est proportionnel à l'angle d'inclinaison de l'oscillation, comme dans le cas du pendule composé; la loi du mouvement est donc la même dans les deux cas.

Si donc on passe du cas de la figure 4 au cas général de la caisse ayant un moment d'inertie I ou un rayon de giration ρ, on aura :

$$t' = \pi \left(\frac{\rho}{\left(\frac{b_1}{2}\right)}\right)\sqrt{\frac{a}{g}}, \qquad [39]$$

car le rayon de giration dans le cas de la figure 4 est $\left(\frac{b_1}{2}\right)$.



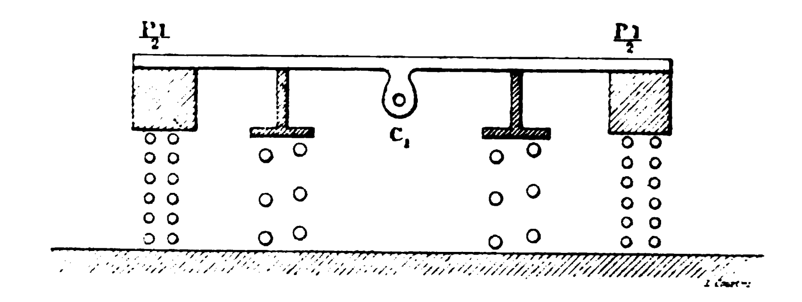


Fig. 5

On peut arriver directement à la même formule; en effet, représentons d'abord (*fig. 5*) les deux poids $\frac{P_1}{2}$ oscillants et les ressorts R et R', comme dans la figure 4.

Puis en dessous, supposons que les deux poids soient situés à une distance n fois plus grande, les ressorts R et R′ restant à la même place; le rayon de giration est multiplié par n; quelle sera la durée de l'oscillation? Pour le savoir remplaçons R et R′ par deux ressorts n^2 fois plus flexibles et ayant une flèche statique n^2 fois plus grande; ces deux ressorts r et r' feront encore équilibre aux deux poids $\frac{P_1}{2}$, le fléau étant horizontal.

De plus, cette modification de ressort ne change rien aux moments des forces extérieures; en effet, la différence $(r - r')$ sera n fois plus petite que la différence $(R - R')$, à égalité d'inclinaison du fléau; en effet, les ressorts rr' sont n^2 fois plus flexibles que les ressorts RR′ mais les chemins parcourus sont n fois plus grands pour le même déplacement angulaire du fléau; le bras de levier étant n fois >, le moment des forces n'est pas changé (*).

Donc la loi du mouvement est la même et la durée d'oscillation aussi; on est amené au cas du problème de Poncelet, en remplaçant les ressorts de flexibilité a par des ressorts de flexibilité n^2a (**); donc on a la durée de l'oscillation en multipliant t par $\sqrt{n^2}$ ou par n; donc quand on multiplie le rayon de giration par n, t est aussi multiplié par n, ce qu'il fallait démontrer.

Mais il est bien entendu que tout cela n'est exact qu'à la condition *que le centre de gravité* G *est assez bas pour que le moment du poids soit négligeable par rapport au moment des ressorts; nous reviendrons là-dessus.*

Dans tout ce qui précède, j'ai supposé que la voie n'avait pas de dévers. Si la voie a un dévers α, les pressions sur les ressorts seront très légèrement supérieures au cas précédent dans l'entrée en courbe et très légèrement inférieures dans la sortie de courbe; il y aura donc deux durées très légèrement différentes, faciles à calculer d'après ce qui précède; la formule [39] donne leur moyenne qui est bien assez exacte pour les besoins de la pratique.

(*) On pourrait objecter que les tensions de r et de r' ne seront pas nulles pour la valeur de α qui annule les valeurs de R et de R′; mais cela n'a aucune importance dans le raisonnement, car on ne considère que les moments de $(R - R')$ et de $(r - r')$.

(**) Cette formule est $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, l étant la flèche statique du ressort sous l'effet de la charge statique qu'il porte; elle devient ici :

$$t = \pi \sqrt{\frac{n^2 a}{g}} = n\pi \sqrt{\frac{a}{g}}.$$

§ 8. — Évaluation des réactions sur les rails.

Supposons-nous placés à la fin de la première oscillation, avec les valeurs Q_2, R_2 et S_2, à l'entrée en courbe (ou à la sortie de courbe).

Il nous reste à évaluer les véritables réactions Q_0 et R_0 sur les rails et normales à la voie, et la réaction S_2 parallèle au plan de

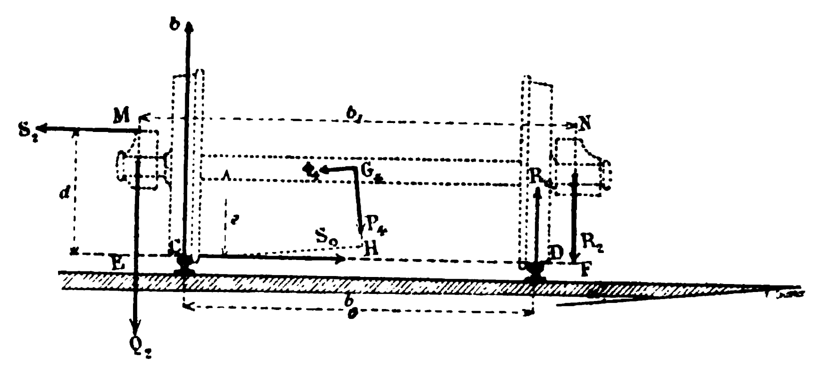


Fig. 6

la voie (*fig. 6*), en tenant compte du poids P_1 de l'essieu et des roues et leur force centrifuge Φ_1. Nous allons écrire :

1° Que la somme algébrique des moments par rapport au point de contact C est égale à zéro;

2° Que la somme des projections des forces sur la direction de Q_0 est égale à zéro;

3° Que la somme des projections des forces sur direction de S_0 est égale à zéro.

$$Q_2 \times \overline{CE} + S_2 \times \overline{EM} + R_0 \times \overline{CD} + \Phi_1 \times \overline{HG_1} - R_2 \times \overline{CF}$$
$$- P_1 \times \overline{CH} = 0,$$

or $\qquad CE = \dfrac{b_1 - b_0}{2} \qquad CF = \dfrac{b_1 - b_0}{2},$

$CH = \dfrac{b_0}{2} \cos x + e \sin x \quad CD = b_0 \quad HG_1 = e \cos x - \dfrac{b_0}{2} \sin x,$

et $\qquad EM = d;$

substituons, on a :

$$Q_2\left(\frac{b_1 - b_0}{2}\right) + S_2 d + R_0 b_0 + \Phi_1 e \cos\alpha - R_2\left(\frac{b_1 + b_0}{2}\right)$$
$$- P_1 \frac{b_0}{2}\cos\alpha + P_1 e \sin\alpha - \frac{\Phi_1 b_0 \sin\alpha}{2} = 0;$$

on en tire :

$$\left.\begin{aligned} R_0 = R_2 \frac{b_1 + b_0}{2b_0} + P_1 \frac{\cos\alpha}{2} - Q_2 \frac{b_1 - b_0}{2b_0} - S_2 \frac{d}{b_0} \\ - \Phi_1 \frac{e}{b_0}\cos\alpha + P_1 \frac{e}{b_0}\sin\alpha + \frac{\Phi_1 \sin\alpha}{2}. \end{aligned}\right\} \quad [40]$$

Écrivons que la somme des projections des forces sur direction de Q_0 et R_0 est égale à zéro.

$$Q_0 + R_0 = Q_2 + R_2 + P_1 \cos\alpha + \Phi_1 \sin\alpha,$$

d'où $$Q_0 = (Q_2 + R_2) + P_1 \cos\alpha + \Phi_1 \sin\alpha - R_0. \quad [41]$$

Écrivons que la somme des projections des forces sur direction de S_0 est égale à zéro.

$$S_0 = S_2 + \Phi_1 \cos\alpha - P_1 \sin\alpha \text{ (*)}. \quad [42]$$

Telles sont les valeurs des trois réactions sur la voie; en faisant des applications numériques et en les comparant avec les résultats des équations [1] [2] et [3], on verra à quel point ces réactions sont plus fortes que celles qui résultent du calcul banal banal de la force centrifuge (**).

§ 9. — Application aux voies en lacet et aux aiguilles.

Il arrive parfois qu'une voie droite se déforme et prend une forme en serpent, en sinusoïde en quelque sorte, par suite d'actions latérales que nous étudierons.

(*) Dans mon pli cacheté précité j'avais posé :

$$CH = \frac{b_0}{2}\cos\alpha \quad \text{et} \quad HG_1 = e\cos\alpha,$$

en supprimant les deuxièmes termes qui sont négligeables en pratique; cela revenait à supprimer les deux derniers termes de l'équation [40]. En pratique, tout cela est négligeable, mais je préfère rétablir ici ces mêmes termes pour donner aux équations ci-dessus une forme mathématique.

(**) Pour la sortie de courbe, on a les mêmes équations [40] [41] et [42] inversées, mais dans lesquelles on fait, naturellement $\Phi_1 = 0$.

La voie se compose alors, en plan, d'une série de courbes se succédant en sens inverse sans dévers (*fig.* 7). Je suppose que la voie soit droite jusqu'en A, puis ABC est un arc de cercle de grand rayon et CDF un arc de cercle de même rayon, etc.

En vertu de la théorie qui précède, nous savons calculer la durée t de l'oscillation sur ressorts.

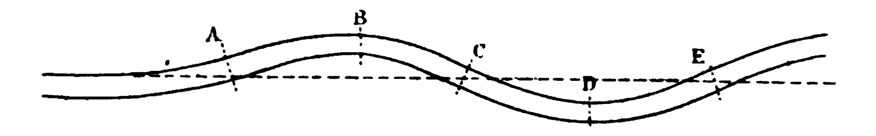


Fig. 7

Supposons qu'elle soit telle que le véhicule aille précisément de A en C sur la voie pendant le même temps; c'est le cas le plus défavorable; alors on a :

$$\left.\begin{aligned} Q_2 &= \frac{P_1}{2} + 2\,\frac{h_1}{b_1}\,\Phi_1 \\ R_2 &= \frac{P_1}{2} - 2\,\frac{h_1}{b_1}\,\Phi_1 \end{aligned}\right\} \quad S_2 = \Phi_1 \text{ équations [21] [22] et [23].}$$

Mais après le point C, la force centrifuge Φ_1 est en sens inverse: reportons-nous à la figure graphique 3. On part, cette fois, de $\gamma = OQ'$ puisqu'on n'attend pas l'amortissement des oscillations; si donc le cercle CDF de la figure 7 se continuait indéfiniment, il y aurait équilibre définitif, dans ce cercle, quand la ligne OA rencontrera, sous l'axe des x, une parallèle aux abscisses menée à une distance égale à moment de $-\Phi_1$ (*fig* 3). En vertu du principe des surfaces de triangles tant de fois expliqué, l'oscillation s'arrêtera quand la rotation complète sera le double de l'oscillation allant depuis $\gamma = OQ'$ jusqu'à la position précédente d'équilibre définitif.

On aura donc :

$$\left.\begin{aligned} Q'_2 &= \frac{P_1}{2} + 4\,\frac{h_1}{b_1}\,\Phi_1 \\ R'_2 &= \frac{P_1}{2} - 4\,\frac{h_1}{b_1}\,\Phi_1 \end{aligned}\right\} \quad S'_2 = 4\Phi_1, \qquad [43]$$

et cela augmente d'autant à chaque nouvelle courbure, ou à chaque oscillation, le coefficient augmentant de 2 chaque fois.

Naturellement la durée de l'oscillation reste la même malgré l'augmentation progressive de son amplitude; inutile de dire que, dans ce cas défavorable, le déraillement est forcé après plusieurs oscillations.

Cet effet redoutable est atténué par les frottements des caisses de ressorts, des boîtes à graisse sur les plaques de garde, etc.; de plus, les courbes sont plutôt des sinusoïdes que des cercles (*). Les procédés que nous donnerons permettront de tenir compte de tout cela au besoin.

Enfin le passage dans les aiguilles peut donner partiellement des effets analogues. Si la voie était en courbe, cette déformation serait moins à craindre, mais, si elle existait, mes calculs permettraient de calculer encore les réactions. (Voir le complément *(d)*.)

(B) ÉTUDE COMPLÈTE (**).

§ 10. — ÉTUDE DES OSCILLATIONS ET DE LA VARIATION DE LA COMPRESSION DES RESSORTS.

Dans la théorie simplifiée qui précède, nous n'avons pas tenu compte des variations des moments de P_1 par rapport au centre d'oscillation; nous avons supposé les ressorts peu flexibles de telle façon que la rotation γ de la caisse n'influe pas sensiblement sur la valeur du moment de P_1; d'autre part, nous avons négligé le frottement des lames de ressorts et les frottements des boîtes à graisse sur les plaques de garde en M et N *(fig. 2)*.

Nous allons tenir compte de tout cela et calculer Q_2R_2 et S_2 au moyen d'un procédé graphique plus précis que la méthode simplifiée qui précède.

Je prends encore pour abscisses *(fig. 8)* les déplacements angulaires γ de la caisse et pour ordonnées les valeurs des moments, autour de C_1 *(fig. 2)* des forces extérieures agissant sur la caisse.

Je représente encore par OA *(fig. 8)* la courbe des valeurs de

(*) Cela revient à dire qu'il y a là de très courtes courbes de raccordement d'un cercle à l'autre.

(**) Je donnerai ultérieurement un calcul rapide qui permettra d'appliquer la théorie abrégée ci-dessus en tenant compte des frottements et de la hauteur du centre de gravité d'une façon plus simple, mais moins exacte que dans le § 10 ci-dessous.

$(q - r)$ en supposant tous les frottements nuls; la ligne OA est déterminée (**).

Je suppose maintenant que le frottement des lames de ressorts soit égal à la compression du ressort multiplié par f, pour chaque ressort; les frottements des deux ressorts s'ajoutent; la somme des compressions des deux ressorts est toujours environ égale à P_1, de sorte que le frottement des deux ressorts est égal à $P_1 f$.

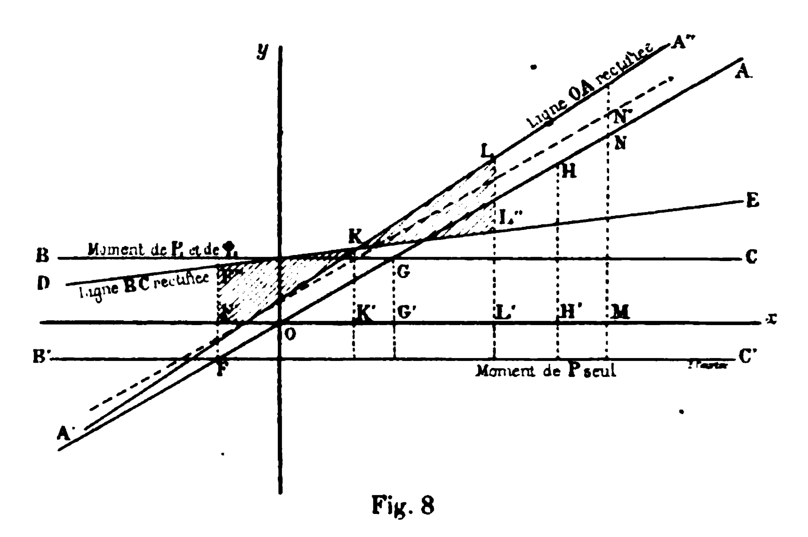


Fig. 8

Donc la véritable courbe des moments n'est pas OA, mais une parallèle à OA à une distance telle que $\frac{NN'}{NM} = f$.

Mais, de plus, il faut tenir compte des frottements des boites à graisse sur les plaques de garde, en M et N (*fig. 2*); ils ne sont pas constants; ils sont proportionnels à la pression latérale des boites à graisse sur les plaques de garde; ces pressions, à chaque instant, se composent de la force centrifuge et de l'inertie; nous en connaissons la valeur maxima S_2 à la fin de la première oscillation. On peut les supposer constantes et égales à la moyenne entre Φ_1 et S_2. On peut donc évaluer le moment de ces frottements, et la ligne OA se trouve finalement remplacée par une ligne A'A'' qui est la véritable courbe des moments de $(q - r)$, en tenant compte de tous les frottements.

(**) Elle est déterminée par la compression que doit avoir le ressort de gauche quand le ressort de droite aura une compression nulle; cette condition est facile à déterminer puisqu'on sait que la somme des deux compressions est égale approximativement à P_1 et plus exactement à $P_1 \cos \alpha - \Phi_1 \sin \alpha$, d'après les équations 18 et 19.

Menons, comme à la figure 3, BC parallèle aux abscisses et à une distance = moment de P_1 et de Φ_1 et B′C′ à une distance égale à moment de P_1 seul, avec le dévers α.

Avec la méthode simplifiée, l'oscillation irait de F′ à G′ et à H′, comme figure 3; mais nous venons de voir que la ligne OA rectifiée devient A′A″; de plus, la ligne BC doit être rectifiée aussi, pour tenir compte de ce que le moment de P_1 varie par suite de la flexion des ressorts; cette ligne devient DE au lieu de BC, et cette direction DE est facile à tracer d'après la valeur que prend l'angle γ quand $q = P_1$ et que $r = 0$.

Alors l'oscillation prendra fin quand le triangle KL″L sera égal au triangle KF′F″; donc K′L′ = F′K′.

Il en résulte que nous connaissons la valeur de l'ordonnée L′L qui représente la valeur exacte de $(Q_2 - R_2)$; comme on connaît facilement $(Q_2 + R_2)$, il en résulte que l'on peut aisément calculer Q_2 et R_2; S_2 peut aussi se calculer facilement en écrivant que la somme des projections des forces sur la direction de $S_2 = 0$.

On opérerait de même pour la sortie de courbe, pour obtenir Q_3, R_3 et S_3.

§ 11. — Même étude en tenant compte du jeu longitudinal des essieux.

Mais il y a une autre perturbation dont nous n'avons pas encore tenu compte, c'est le jeu longitudinal entre les boudins et les rails. Reprenons le tracé graphique de l'oscillation dans le cas de l'étude simplifiée *(fig. 9)*.

Représentons par s le travail supplémentaire égal au produit de la longueur du jeu par la force agissante; cette force agissante est égale à la projection sur le plan de la voie de la résultante de P_1 et de Φ_1. Ce travail communique à la caisse une force vive supplémentaire de rotation égale à s. Alors l'équilibre n'existera plus quand le triangle FHH″ sera égal au triangle FF″H‴H″; il faudra que le triangle surpasse le rectangle d'une quantité égale à s. Si donc nous construisons le triangle HII″ égal à s, on voit que la première oscillation s'arrêtera quand la rotation γ sera égale à OI′ (*).

Il est à remarquer que les tracés de la figure 8 diminuent l'os-

(*) En pratique, cette influence spéciale du jeu latéral est, le plus souvent, négligeable.

cillation par rapport à la théorie simplifiée et que les tracés de la figure 9 l'augmentent. En pratique, toutes ces causes d'erreur se compensent souvent. Mais il est préférable de faire les tracés

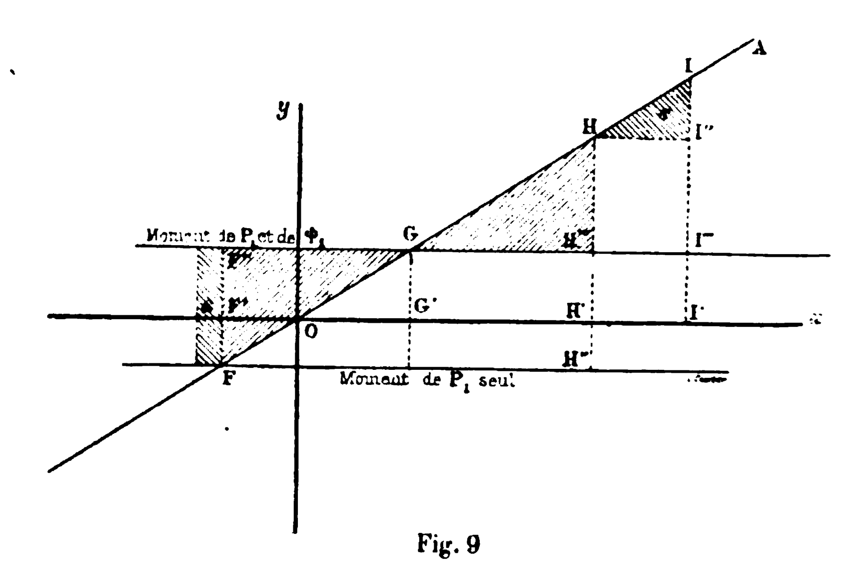


Fig. 9

exacts. Notons aussi que le tracé de la figure 9 peut s'appliquer au cas de la figure 8.

Si le dévers est complet, on voit de suite que *s* sera nul pendant l'entrée en courbe et assez notable pendant la sortie. C'est une raison de plus pour ne pas adopter les dévers trop considérables, si la voie n'a pas de courbes de raccordement.

§ 12. — Même étude dans le cas des machines et tenders.

Jusqu'à présent nous avons supposé qu'il y avait un certain jeu entre les boîtes à graisse et la plaque de garde, dans le sens de l'axe de l'essieu, et que ce jeu suffisait pour laisser la caisse osciller autour du centre d'oscillation C_1 *(fig. 2)*. Or, dans le cas des machines et des tenders, ce jeu n'existe presque jamais, ou est très faible *(fig. 10)*.

Alors, en cas de grande oscillation, le coussinet se soulève un peu et pivote autour d'un point Z; il y a alors coincement de la boîte à graisse dans la plaque de garde et il se produit deux réactions normales T et T′, dont le moment est égal au moment

de la compression du ressort Q par rapport à Z. Il en résulte des frottements égaux à $(T + T') \times f$ (f coefficient de frottement).

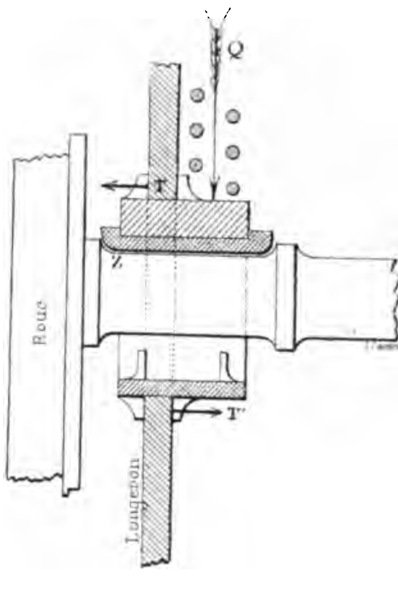


Fig. 10

Il en résulte que le tracé de la figure 8 doit être un peu modifié pour en tenir compte; ce frottement de coincement diminue naturellement l'amplitude des oscillations.

§ 13. — Durée des oscillations.

La durée des oscillations se calcule comme au § 10, en tenant compte, au besoin, de ce que la valeur de $\left(K \frac{P_1}{2}\right)$ est un peu modifiée par tous les frottements ci-dessus.

§ 14. — Réactions sur les rails.

Les réactions sur les rails se calculent comme au § 11, en partant des valeurs exactes de Q_2, R_2 et S_2.

(C) CAS DU RACCORDEMENT RAPIDE DE DÉVERS.

§ 15. — THÉORIE GRAPHIQUE.

(Dans mes travaux de 1901, j'ai étudié ce cas d'après un calcul graphique un peu compliqué, basé sur la méthode des approximations successives. Je donnerai ultérieurement une méthode de calcul très simple et suffisamment approchée pour étudier ce cas spécial qui ne se présente guère en pratique.)

III. — Théorie des oscillations sur ressorts dans le cas d'un essieu circulant sur une voie ayant des courbes de raccordement rapides.

§ 16. — THÉORIE GRAPHIQUE.

(Même observation qu'au paragraphe 15, mais en faisant observer que ce cas des courbes de raccordement rapides est un cas qui se présente très souvent en pratique.)...

IV. — Le soulèvement de la roue produira-t-il le déraillement?

§ 17. — EFFETS GYROSCOPIQUES.

Si $R_2 = 0$ et que S_2 soit considérable, il est clair que le déraillement est fort à craindre; mais est-il certain qu'il aura lieu? L'essieu tournant à une grande vitesse se comporte comme un gyroscope assez puissant, la masse de la jante des roues étant notable; il en résulte que la roue se soulève moins vite que si elle ne tournait pas, après avoir quitté le rail... (*).

V. — Choc du boudin au moment de l'entrée en courbe ou de la sortie, sans courbe de raccordement.

§ 18. — APERÇU DE LA QUESTION.

Dans tout ce qui précède, nous avons évalué Q_2, R_2 et S_2 et Q_3, R_3 et S_3 à la fin de la première oscillation; ces effets ne se produisent pas exactement à l'entrée en courbe, mais après la

(*) Je montrerai ultérieurement, par le calcul seul, que cette action gyroscopique, sans être nulle, est négligeable en pratique.

durée t de l'oscillation, c'est-à-dire 15 à 30 m après l'entrée en courbe. (Nous savons calculer ce point précis connaissant t.)

J'ai d'autant plus insisté sur ces actions puissantes qu'elles n'ont jamais été signalées que je sache.

Mais je dois rappeler qu'il y a une autre réaction dangereuse qui se produit au moment même de l'entrée en courbe, réaction connue depuis longtemps et qui a souvent préoccupé les ingénieurs; voici en quoi elle consiste :

Quand la voie n'a pas de courbes de raccordement, le véhicule doit acquérir brusquement autour d'un axe vertical la vitesse de rotation qu'il conservera dans la courbe, par un seul choc du boudin sur le rail. Heureusement que cette vitesse de rotation à acquérir est faible, mais néanmoins il y a là une certaine force vive de rotation à créer et il faut éviter que ce résultat ne soit obtenu par un choc dur, qui pourrait déverser le rail ou riper la voie, ce qui peut, à la longue, entraîner un déraillement.

Cet effet est combattu, suivant le cas :

1° Par le jeu des boîtes à huile dans les plaques de garde, pour les voitures, avec attache des ressorts par des anneaux ovales;

2° Par les boîtes à huile sur plans inclinés des essieux d'avant des machines;

3° Par les bogies des machines à déplacement latéral, à plan incliné ou à ressorts;

4° Par la disposition de certains bogies de voitures.

On pourra calculer ces dispositions en écrivant que la demi-force vive de rotation à acquérir pour le véhicule doit être égale ou inférieure au travail de soulèvement du véhicule, ou travail du frottement ou d'élasticité de ressort que fournit la disposition adoptée. Mais il faut que la disposition adoptée fournisse au delà de ce que donne ce calcul, car il y a encore là un effet gyroscopique à vaincre en plus: il faut un travail appréciable pour modifier l'axe de rotation des essieux (*).

Il y a des véhicules qui n'ont aucune disposition de cette nature; ils ne sont pas à recommander pour les très grandes vitesses, sur les lignes où il n'y a pas de courbes de raccordement (**).

(*) Je montrerai ultérieurement, par le calcul seul, que, ici encore, cette action gyroscopique, sans être nulle, est négligeable en pratique.

(**) Il ne faudrait pas en conclure que ces véhicules n'ont aucune résistance latérale élastique; en effet, sous l'action d'un choc latéral du boudin sur le rail, le véhicule oscille transversalement autour de son centre d'oscillations, et les ressorts ordinaires fonctionnent; je reviendrai sur cette question.

VI. — Oscillations du matériel.

§ 19.

L'application de toutes les méthodes de ce mémoire se fait sans modification aux voitures et wagons ordinaires, car leurs deux ou trois essieux sont soumis à peu près en même temps à la même force centrifuge.

L'application aux voitures à bogies nécessitera quelques observations que je donnerai ultérieurement, car ces voitures ont une sorte de suspension donnant des balancements analogues à ceux d'un hamac. Mais ces balancements cessent quand la voie a un faible dévers de 2 cm environ; au delà, ces voitures se conforment aux principes de cette deuxième partie; du reste, le jeu du bogie donne un résultat un peu analogue au jeu de l'essieu étudié au paragraphe 10. Dans tous les cas, le centre d'oscillation C_1 devra être déterminé au préalable avec soin.

Pour les machines, il faudra chercher le centre d'oscillation en tenant compte de ce fait que les essieux ne sont pas de même hauteur (**); ensuite on examinera le cas du paragraphe 11 qui tend à réduire beaucoup l'oscillation.... Pour les machines à bogies, on distinguera entre les bogies ordinaires et ceux qui ont un pivot sphérique.

L'application des formules aux tramways peut être intéressante, surtout pour les tramways à impériale qui sont très instables.

Enfin, ces formules trouvent leur application pour les automobiles sur routes qui ne craignent pas de tourner brusquement aux plus grandes vitesses; elles sont même quelquefois exposées aux puissantes réactions du paragraphe 8, quand elles virent deux fois pour contourner un obstacle.

Heureusement qu'elles sont sauvées par le dérapage sans lequel les accidents les plus graves seraient fréquents; il en résulte que le chauffeur doit toujours s'assurer que le dérapage est possible, quand il fait l'imprudence de virer brusquement à grande vitesse.

(**) On prendra, pour les machines, comme centre d'oscillation, le « centre élastique » de M. Herdner (voir la note au bas du paragraphe 3).

COMPLÉMENT

Vérification des formules, applications pratiques et premières conclusions.

a) But de ce complément.

J'ai donné ci-dessus la reproduction de mon pli cacheté du 28 mai 1905 à l'Académie des Sciences; mais il reste à faire des applications pratiques de ce mémoire et à en tirer les conclusions.

Cette étude complémentaire demande des développements assez considérables; je la publierai ultérieurement, mais je vais dès à présent en donner un aperçu.

b) Vérification des neuf formules principales.

Auparavant je vais donner une vérification directe des neuf formules principales, vérification qui a son utilité à cause de la grande complication des phénomènes superposés que j'ai étudiés.

Je reprends ces formules :

Premier groupe.

$$Q_1 = \left(\frac{P_1}{2} \cos \alpha + \frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right) + \frac{h_1}{b_1}\left(\Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha\right) \quad [12]$$

$$R_1 = \left(\frac{P_1}{2} \cos \alpha + \frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right) - \frac{h_1}{b_1}\left(\Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha\right) \quad [13]$$

$$S_1 = \Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha. \quad [14]$$

Deuxième groupe.

$$Q_2 = \left(\frac{P_1}{2} \cos \alpha + 2\,\frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right) + \frac{h_1}{b_1}\left(2\Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha\right) \quad [15]$$

$$R_2 = \left(\frac{P_1}{2} \cos \alpha + 2\,\frac{\Phi_1}{2} \sin \alpha\right) - \frac{h_1}{b_1}\left(2\Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha\right) \quad [16]$$

$$S_2 = 2\Phi_1 \cos \alpha - P_1 \sin \alpha. \quad [17]$$

Troisième groupe.

$$Q_3 = \left(\frac{P_1}{2}\cos\alpha - \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right) - \frac{h_1}{b_1}\left(\Phi_1\cos\alpha + P_1\sin\alpha\right) \quad [18[$$

$$R_3 = \left(\frac{P_1}{2}\cos\alpha - \frac{\Phi_1}{2}\sin\alpha\right) + \frac{h_1}{b_1}\left(\Phi_1\cos\alpha + P_1\sin\alpha\right) \quad]19]$$

$$S_3 = -(\Phi_1\cos\alpha + P_1\sin\alpha). \quad [20]$$

Vérifions d'abord les équations du premier groupe qui donnent les trois réactions en courbe, après amortissement complet des oscillations *(fig. 11).*

Ajoutons les équations [12] et [13], il vient :

$$Q_1 + R_1 = P_1\cos\alpha + \Phi_1\sin\alpha.$$

Cette équation se vérifie toute seule, car elle exprime précisément l'équation des projections des forces sur la direction des forces Q_1 et R_1.

Retranchons maintenant l'équation [13] de l'équation [14] il vient :

$$Q_1 - R_1 = 2\frac{h_1}{b_1}(\Phi_1\cos\alpha - P_1\sin\alpha),$$

d'où : $$(Q_1 - R_1)\frac{b_1}{2} = h_1\Phi_1\cos\alpha - h_1P_1\sin\alpha.$$

Or cette équation est précisément celle des moments des forces autour de C_1 ; en effet, on sait que $\frac{b_1}{2}$ est le demi-écartement des ressorts ou des forces Q_1 et R_1; de plus $h_1\cos\alpha$ est la longueur de la perpendiculaire C_1D et $h_1\sin\alpha$ est la longueur de la perpendiculaire C_1E.

Donc $Q_1 + R_1$ est exact et $Q_1 - R_1$ l'est également; donc Q_1 et R_1 sont exacts aussi, c. q. f. d.

Quant à l'équation [14] elle est exacte aussi car elle représente l'équation de la projection des forces sur la direction de S_1.

Vérifions les équations du deuxième groupe ou entrée en courbe. Elles peuvent se déduire des équations du premier groupe en remarquant que la force centrifuge appliquée brusquement produira à la fin de la première oscillation un effet double de l'effet produit après amortissement des oscillations (*).

(*) Ce principe, vrai dans toutes mes études, n'a cependant pas une portée absolument générale; il ne s'appliquerait pas, par exemple, au cas des ressorts en caoutchouc où les flèches ne sont pas proportionnelles aux efforts.

Donc les équations du deuxième groupe doivent se déduire des équations du premier groupe en mettant le coefficient 2 devant Φ_1, et c'est bien ce qui a lieu.

Vérifions les équations du troisième groupe ou sortie de courbe.

Les réactions initiales de cette oscillation sont données par les équations du premier groupe.

Les réactions finales de cette oscillation après amortissement des oscillations de sortie de courbe sont données par les équations du premier groupe dans lesquelles on ferait $\Phi_1 = 0$ et qui seraient :

Quatrième groupe :

$$Q_1 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha - \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha;$$

$$R_1 = \frac{P_1}{2} \cos \alpha + \frac{h_1}{b_1} P_1 \sin \alpha;$$

$$S_1 = - P_1 \sin \alpha.$$

En appliquant le même principe que ci-dessus, on voit donc que les équations du troisième groupe doivent se déduire des équations du premier groupe en doublant les différences qui existent entre les termes en Φ_1 des équations du premier et du quatrième groupe; comme ces dernières ont les termes en Φ_1 égaux à zéro, il en résulte donc que les équations du troisième groupe s'obtiennent simplement en changeant les signes des termes en Φ_1 des équations du premier groupe; or c'est précisément ce qui a lieu c. q. f. d.

Nous avons donc vérifié directement les neuf équations ci-dessus qui sont les plus importantes de ce mémoire.

Dans un mémoire ultérieur je montrerai que les trois équations principales ci-dessus peuvent être généralisées en tenant compte des frottements et de la hauteur du centre de gravité; le calcul se fera en tenant compte du moment des frottements, facile à évaluer, et en fonction de la hauteur du centre de gravité au-dessus du centre d'oscillations et de divers autres éléments.

c) Applications pratiques.

On a vu, § 19 ci-dessus, que toutes les formules et tracés graphiques du présent mémoire s'appliquent aux véhicules entiers de chemins de fer.

Pour les voitures, les frottements qui résistent aux oscillations en travers ne sont pas très considérables, surtout pour les voitures modernes qui ont des ressorts à spirale aux extrémités des ressorts à lames. Ces frottements se composent, d'une part, des frottements des lames de ressort, et, d'autre part, du frottement des boîtes à huile qui s'appuient sur les plaques de garde pendant l'action de la force centrifuge (voir *fig. 2*); ces frottements sont du reste très variables suivant la construction des ressorts, de leurs attaches, des jeux latéraux, etc.

Ces divers frottements diminuent notablement l'amplitude des oscillations d'entrée en courbe et de sortie. Mais, d'autre part, il y a l'influence de la hauteur du centre de gravité qui tend à augmenter légèrement ces oscillations.

Pour les machines, le centre de gravité est plus élevé, et surtout, les ressorts d'un même essieu sont plus rapprochés, ce qui est défavorable; mais, d'autre part, les frottements sont beaucoup plus considérables que pour les voitures, en vertu de la remarque du § 12 ci-dessus. Je reviendrai sur ces applications pratiques.

d) Applications numériques.

Voici une application numérique de l'étude simplifiée pour une voiture à voyageurs d'un type moderne entrant en courbe à 140 km à l'heure dans une courbe de 800 m de rayon sans courbes de raccordement.

On trouve $\frac{\Phi_1}{P_1} = 0{,}193$; c'est la tangente de l'angle du dévers théorique complet. Donc, avec une voie de 1,50 m de largeur, il faudrait une surélévation du rail extérieur égale à

$$0{,}193 \times 1{,}5 = 0{,}290 \text{ m environ.}$$

J'appelle ici Q_0 l'ensemble des pressions des roues de gauche normales à la voie, R_0, la même donnée pour les roues de droite, et P le poids total du véhicule.

En appliquant les formules de ma théorie simplifiée pour le cas où il n'y a pas de courbes de raccordement on trouve :

1er cas. — *Dévers théorique complet.*

Entrée en courbe : $R_0 = 0{,}28 . P.$
Sortie de courbe : $Q_0 = 0{,}10 . P.$
On voit que la sortie est plus dangereuse que l'entrée.

2e cas. — *Dévers nul.*

Entrée en courbe : $R_0 = 0{,}09 . P.$
Sortie de courbe : $Q_0 = 0{,}30 . P.$
Ici l'entrée en courbe est plus dangereuse que la sortie.

3e cas. — *Demi-dévers théorique.*

Entrée en courbe : $R_0 = 0{,}18 . P.$
Sortie de courbe : $Q_0 = 0{,}20 . P.$
Ici l'entrée en courbe est à peu près pareille à la sortie.

Naturellement ces calculs s'appliquent à tous les autres cas où la force centrifuge est la même, le rayon et la vitesse variant en proportion convenable, c'est-à-dire en multipliant les vitesses par n et les rayons de courbure par $\sqrt{n}$, n étant un nombre quelconque.

Elles s'appliquent donc aux cas suivants :

$r =$ 100 m	et vitesse de	50 km	à l'heure.
$r =$ 200 m	—	70 km	—
$r =$ 400 m	—	100 km	—
$r =$ 800 m	—	140 km	—
$r =$ 1600 m	—	200 km	—

Je le répète, dans ces calculs je ne tiens compte ni des frottements qui diminuent beaucoup les oscillations, ni de la hauteur du centre de gravité qui les augmente légèrement (§ 10), ni du jeu qui a une influence insignifiante (§ 11) ; dans un mémoire ultérieur j'en tiendrai compte. Je puis dire, dès à présent, que l'influence favorable des frottements est sensiblement plus importante que l'influence défavorable de la hauteur du centre de gravité dans la majorité des cas; de sorte que les oscillations qui résultent des calculs précédents sont le plus souvent une limite supérieure de celles qui se produisent en pratique (*).

e) Premières conclusions pour la voie.

On voit que, si l'on veut que le dévers soit le même à l'entrée en courbe et à la sortie, comme c'est nécessaire dans les lignes à voie unique, *l'emploi du demi-dévers est plus avantageux que*

(*) Il faut bien noter cependant que les voitures modernes, à ressorts souples sont plus sujettes que les anciennes à ces oscillations ce qui fait que la question doit être examinée de près.

l'emploi du dévers complet; c'est une conséquence inattendue de ma théorie.

Il ne faut pas oublier que tous mes calculs s'appliquent au cas où il y a des fractions de voie très courtes, ayant de faibles rayons de courbures, comme dans les aiguilles, etc.

Il faut aussi se rappeler le danger considérable résultant de ce que la voie en alignement droit peut prendre une forme de serpent, à la longue, par suite des chocs latéraux répétés. (Voir § 9 ci-dessus.)

Il arrive quelquefois aussi que les voies peu surveillées présentent, dans les courbes, des variations anormales de rayon, d'un point à un autre, au lieu d'avoir un rayon constant. Cette anomalie connue se produit, comme la précédente, par suite des réactions horizontales du matériel, à la faveur du faible coefficient de frottement des traverses sur le ballast résultant des vibrations. Ces variations du rayon de courbure donnent des réactions graves faciles à calculer d'après mes formules; il n'y a qu'à donner à Φ la valeur correspondant à la différence des forces centrifuges en passant d'un rayon à l'autre; ici encore, il peut y avoir danger de répétition de ces effets, et amortissement par les frottements.

Le remarquable wagon d'expériences de la Compagnie du Nord est appelé à rendre les plus grands services pour déceler ces défauts de la voie, et toutes ses autres défectuosités; l'emploi de ce genre de wagons deviendra absolument obligatoire pour surveiller la voie quand on dépassera les vitesses actuelles. Celui de la Compagnie de l'Ouest constitue, de son côté, un appareil d'expériences de premier ordre pour l'étude dynamique du mouvement des véhicules.

Enfin, il est évident qu'il y a un très grand intérêt à employer des courbes de raccordement courtes, quand il n'y a pas possibilité d'introduire sur une vieille ligne des courbes de raccordement longues.

f) Système de dévers de l'auteur.

Mais on voit aussi qu'il vaudrait mieux adopter un dévers complet à l'entrée en courbe, et un dévers nul à la sortie.

Cependant, il y a les frottements, qui atténueront la rigueur de cette conséquence, en sorte que mon système de dévers serait le suivant :

1° Donner à la voie un dévers sensiblement supérieur à la moitié du dévers théorique à l'entrée en courbe;

2° Donner à la voie un dévers sensiblement inférieur à la moitié du dévers théorique à la sortie de courbe;

3° Réunir tout cela par trois raccordements lents du dévers de la voie allant : de l'alignement à l'entrée; de l'entrée à la sortie; de la sortie à l'alignement droit.

Ce système de dévers n'est qu'un palliatif, que je propose pour remplacer les courbes de raccordement; naturellement, les courbes de raccordement sont préférables.

Il est très important de s'assurer que la voie aura horizontalement la résistance voulue pour s'opposer aux efforts latéraux qui résultent de mes formules.

g) PREMIÈRES CONCLUSIONS POUR LE MATÉRIEL.

Quant au matériel, il faut d'abord lui donner des frottements suffisants, résistant aux oscillations en travers que j'ai étudiées; le frottement des lames de ressorts est facile à augmenter, notamment; cela peut être utile, surtout si l'on emploie des ressorts à spirale aux extrémités des ressorts à lames. (Voir le calcul des frottements des ressorts, dans mon mémoire des *Annales des Mines*, de mai 1905.)

Mais, d'autre part, il est extrêmement utile de donner au matériel à construire une élasticité horizontale en travers assez considérable, avec frottements suffisants; on le fait déjà pour les bogies de machines, et il y a lieu de généraliser l'emploi des bogies à déplacement latéral au matériel à voyageurs; *ce sera un très grand progrès.* Les menottes à anneaux, des voitures à deux ou trois essieux, donnent bien une légère élasticité latérale, en faisant intervenir les ressorts de suspension, mais c'est absolument insuffisant, et les anneaux jouent sans frottements, ce qui donne une tendance aux oscillations divergentes de lacet. Ces bogies à déplacement latéral avec frottements serviront contre les actions suivantes :

1° Choc du boudin à l'entrée en courbe, étudié au V ci-dessus; action des aiguilles;

2° Mouvement de lacet, dû à la conicité des bandages;

3° Propagation du mouvement de lacet par les attelages, etc.

Cela fait de nombreuses raisons pour généraliser l'emploi des

bogies du système ci-dessus au nouveau matériel à voyageurs destiné aux très grandes vitesses.

Les voitures automotrices des expériences de traction électrique de Berlin à Zossen, à 200 km à l'heure, en étaient munies, et on s'en est fort bien trouvé; mais ici le frottement du déplacement latéral pèche peut-être par excès, ce qui peut nuire au confortable et donner sur la voie des réactions horizontales un peu trop fortes qui tendent à la déformer peu à peu.

Il y a longtemps qu'on a reconnu la nécessité de donner au matériel une certaine élasticité horizontale, mais le point que j'ai voulu mettre en lumière, c'est la nécessité de donner à ce système élastique des frottements suffisants pour amortir les oscillations.

h) Emploi des divers moyens indiqués ci-dessus.

A mon avis, l'emploi résultant des divers procédés que je viens d'indiquer permettra d'augmenter sensiblement et progressivement les vitesses actuelles sans aggraver le danger de l'entrée en courbe et de la sortie. Mais, bien entendu, aux vitesses actuelles, l'emploi *simultané* de ces divers moyens ne s'impose nullement.

Par exemple, l'emploi des dévers élevés, même à l'entrée en courbe seulement, offre des inconvénients pour les trains de marchandises; il donnera, par exemple, une notable augmentation de la résistance à la traction en ces points; on peut y obvier par l'emploi des menottes à anneaux; ce système, insuffisant pour le matériel à très grande vitesse, convient admirablement ici.

Mais, avec les vitesses actuelles, mes formules ne concluent pas à l'obligation de l'emploi des forts dévers; j'en ai déjà dit quelques mots (*e*) ci-dessus. Mais, de plus, quand on emploie les courbes de raccordement, mes formules (15, 16, 17) montrent qu'on peut déjà dépasser de beaucoup la vitesse de 120 km à l'heure, même avec un *dévers absolument nul*, avec des courbes de 800 m.

En résumé, dans les conclusions de ce mémoire, il n'y a rien qui puisse constituer une gène sérieuse pour l'exploitation des chemins de fer, bien au contraire, puisqu'on entrevoit la possibilité d'augmenter la vitesse avec des moyens peu coûteux.

On peut, de plus, constater, d'après mes formules, qu'aux vi-

tesses actuelles, et avec un bon entretien, la voie et le matériel des chemins de fer offrent toute la garantie voulue, au point de vue de la sécurité. Au point de vue du confortable, au contraire, il y aurait intérêt à améliorer l'élasticité latérale du matériel, même aux vitesses actuelles, avec les précautions que j'ai indiquées. Mais c'est surtout en vue de l'augmentation des vitesses que ces recherches présentent de l'intérêt.

Il ne faudrait pas conclure de cette étude que je suis partisan de l'augmentation immédiate des vitesses. D'abord toutes les causes d'oscillations n'ont pas été étudiées; ensuite, cette étude étant faite, il suffirait d'oublier une seule de ces causes d'oscillations pour aboutir à une catastrophe; enfin, des résultats théoriques de cette nature ont besoin d'être confirmés par des expériences, tout au moins pour déterminer les coefficients de frottements, qui ont une importance considérable comme on l'a vu. Mais j'arrive théoriquement à une conclusion analogue à l'opinion de beaucoup d'Ingénieurs de chemins de fer en cette matière : j'estime que l'augmentation progressive des vitesses sera plutôt limitée par l'insuffisance de puissance de la locomotive que par les questions de sécurité, au moins pour les lignes à courbes de grands rayons. Cependant, la traction électrique permettra, naturellement, d'atteindre des vitesses encore bien supérieures sur des lignes spéciales. J'ajouterai, qu'à mon avis, il serait très fâcheux de trop préciser les règlements administratifs à ce sujet; ils paralyseraient alors tout progrès.

Il faut rendre hommage à la largeur de vue des Ingénieurs, qui ont construit nos chemins de fer dans des conditions telles que, sur les grandes lignes, on puisse songer à dépasser notablement les grandes vitesses actuelles avec des modifications de détail de la voie et du matériel.

i) Complément de cette étude.

Il me restera encore à compléter cette étude par l'examen des questions suivantes :

L'étude complète du § 10 ci-dessus, sous forme algébrique simple;

Le développement du § 17 ci-dessus, ou application de la théorie du gyroscope aux problèmes du présent mémoire;

La superposition des diverses oscillations;

Des applications numériques détaillées et la fixation des limites de vitesse suivant les lignes de chemins de fer.

J'espère que mes travaux rendront quelques services, mais je n'ai pas la prétention d'épuiser des sujets si vastes. Il est hors de doute que des expériences bien conduites et des calculs nouveaux sont appelés à apporter plus de lumière encore dans l'étude de ces questions si complexes. Mais il m'a paru nécessaire que ces expériences fussent précédées d'une étude théorique d'ensemble de toutes les oscillations, pour éviter la confusion résultant de l'observation des effets de toutes les oscillations combinées.

LA
LIQUÉFACTION DE L'AIR
ET SES APPLICATIONS
A LA
FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'OXYGÈNE ET DE L'AZOTE

PAR

M. Georges CLAUDE

Parmi les sources d'oxygène si nombreuses que nous offre la nature, les deux plus intéressantes, tant par l'universalité de leur présence à la surface du globe que par la facilité de leur accès aux appareils d'utilisation, sont assurément l'air et l'eau. Entre ces deux matières premières, comment pouvons-nous fixer notre choix?

Un argument capital, un argument tel que sans plus insister, nous devons déférer à son indication, peut être invoqué en faveur de l'air atmosphérique. Dans l'eau, en effet, les deux éléments constitutifs, hydrogène et oxygène, sont combinés l'un à l'autre avec une extrême énergie. Certes, avec sa puissance merveilleuse, l'électricité sait détacher ces liens et mettre en liberté cet hydrogène et cet oxygène, mais il en coûte nécessairement pour cela la dépense d'une quantité considérable d'énergie.

Avec l'air, rien de semblable. L'air est un simple mélange, aucune affinité ne lie les molécules d'oxygène à celles de l'azote et en conséquence, aucune énergie n'est nécessaire — théoriquement du moins — pour effectuer leur séparation.

Muni de cette indication de la théorie, passons maintenant à la pratique. Comment effectuer pratiquement cette séparation de l'oxygène et de l'azote, si facile aux yeux de la théorie?

En principe, toute différence d'ordre physique ou chimique entre l'oxygène et l'azote peut être utilisée pour leur séparation. Ce sont tout d'abord les différences d'ordre chimique qui ont été mises à profit, et elles le furent par ce génial précur-

seur, Tessié du Motay, auquel l'avenir industriel de l'oxygène s'était révélé dans toute sa splendeur. Tessié du Motay avait trouvé un certain nombre de substances et, en particulier, le manganate de potasse, qui, inertes pour l'azote, étaient au contraire susceptibles d'absorber l'oxygène de l'air dans certaines conditions pour le restituer intégralement dans d'autres conditions et recommencer indéfiniment le même cycle d'opérations. Depuis Tessié du Motay, d'autres substances ont été trouvées pour accomplir le même cycle dans des conditions plus parfaites. Je citerai spécialement la baryte, base de l'élégant procédé Brin, le plus remarquable et le plus économique de tous les anciens procédés, bien que son efficacité soit loin d'atteindre à celle des méthodes nouvelles qui seront décrites plus loin.

Si nous passons maintenant aux différences d'ordre physique entre l'oxygène et l'azote, nous constatons tout d'abord qu'entre ces deux corps il existe une différence de densité très notable, puisque le poids atomique de l'oxygène étant égal à 16, celui de l'azote est 14 seulement. Cette différence de densité est-elle suffisante pour permettre la séparation ? Telle fut la question que je me posai dès 1896 et cette idée aboutit à une demande de brevet d'après laquelle la masse gazeuse à séparer étant soumise à une rapide rotation dans un appareil approprié, la force centrifuge développée par cette rotation devait avoir pour effet de refouler à la périphérie les molécules plus denses de l'oxygène. J'insisterai d'autant moins sur les considérations théoriques assez délicates que soulève cette question que, ayant essayé de passer à la réalisation de cette idée, il me fut impossible d'obtenir une séparation appréciable, même dans le cas, plus favorable pourtant, d'un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène (1).

On ne manquera pas, cependant, d'objecter qu'un inventeur italien, M. Mazza, rééditant pour ainsi dire textuellement cette idée, aurait réussi à obtenir par ce procédé de l'air suroxygéné. Deux explications peuvent être données de ce fait : ou bien mes résultats sont inexacts et M. Mazza a raison, ou bien — à moins que des vitesses angulaires très supérieures aux miennes n'aient été réalisées — il faut faire suivre de plusieurs points d'interrogation les résultats annoncés par l'inventeur italien.

(1) C. R. Claude et Demoussy, 27 juillet 1903.

Lorsque les magnifiques recherches des Cailletet et des Pictet eurent ouvert à la science, en 1877, le champ fertile des basses températures, une différence considérable entre l'oxygène et l'azote apparut aux yeux des physiciens.

Alors que l'oxygène se révélait sous la forme d'un liquide bleu, bouillant à — 180° 5, l'azote, liquide incolore, mobile, tout à fait semblable à l'eau, permettait aux savants de descendre encore plus bas dans l'échelle des températures, puisque son point d'ébullition était trouvé correspondre à — 194 degrés. Une différence considérable de volatilité entre l'oxygène et l'azote apparaissait donc ainsi.

Et cette différence, même, était beaucoup plus considérable encore qu'au premier abord on pourrait le penser. On sait, en effet, que l'égalité des degrés de notre échelle thermométrique n'a de signification qu'à un point de vue tout à fait relatif, et qu'en réalité, l'importance de chaque degré augmente rapidement à mesure que la température s'abaisse, à mesure qu'on se rapproche du zéro absolu, lequel peut être considéré, à beaucoup d'égards, comme représentant — ∞ dans l'échelle des températures.

En tenant compte de ce fait, on trouve que l'écart de 13° 5 entre les points d'ébullition de l'oxygène et de l'azote, en raison du voisinage du zéro absolu, équivaut à un écart de plus de 60 degrés, comptés à la température de l'alcool bouillant. Si l'on considère que l'écart entre l'alcool et l'eau est de 21 degrés seulement; si l'on observe, de plus, que l'alcool et l'eau sont liés par une véritable combinaison, dont témoigne l'échauffement que produit leur mélange, tandis qu'entre l'oxygène et l'azote il n'existe aucune affinité, on arrive nécessairement à cette conclusion que la séparation *par distillation* de l'oxygène et de l'azote doit être *incomparablement plus facile* que celle de l'alcool et de l'eau, réalisée cependant aujourd'hui sur une si grande échelle.

Pour mettre à profit, toutefois, cette séduisante facilité de séparation, encore faut-il que le mélange d'oxygène et d'azote, c'est-à-dire l'air qu'on se propose de séparer, ait été amené préalablement sous la forme liquide. Et nous en arrivons ainsi au grand problème de la liquéfaction de l'air.

Pour liquéfier un gaz quelconque, on sait qu'une condition primordiale doit être remplie, en dehors de laquelle toute ten-

tative serait vaine. Le gaz qu'on se propose de liquéfier doit être refroidi au-dessous de sa température critique. Si cette condition est remplie, si le gaz ainsi refroidi est en même temps soumis à l'action d'une pression suffisante, il se résout sans plus de difficulté sous la forme liquide.

Seulement, on le conçoit, ce n'est pas précisément peu de chose que ce refroidissement quand, comme c'est le cas pour l'air, il faut aller chercher ce point critique à 140 degrés au-dessous de zéro.

Heureusement, un moyen d'une extrême efficacité, employé d'ailleurs maintenant à l'exclusion de tous les autres dans les machines à air liquide, s'offre à nous pour opérer ce refroidissement. Ce moyen consiste à comprimer préalablement l'air qu'on se propose de liquéfier, puis à le faire *détendre*.

Par quel mécanisme la détente produit-elle du froid?

Lorsqu'on comprime de l'air, tout le monde sait, au moins pour l'avoir constaté à la sueur de son front lors du regonflement des pneus d'une bicyclette, que l'air ainsi comprimé s'échauffe assez considérablement. La thermodynamique nous apprend, au surplus, que la quantité de chaleur qui apparaît ainsi est précisément équivalente au travail développé pour effectuer la compression. Ainsi, lorsqu'un gaz est comprimé, il s'échauffe. Réciproquement, quand un gaz comprimé se détend, il se *refroidit*, et s'il se refroidit, c'est qu'il effectue toujours pendant cette détente un certain *travail*. Lorsque nous comprimons un gaz, nous lui fournissons du travail, nous lui cédons de l'énergie et, en conséquence, il *doit s'échauffer*, puisque l'énergie et la chaleur sont deux formes différentes d'une même chose. Au contraire, lorsqu'un gaz se détend, il *effectue* du travail, il *restitue* de l'énergie, donc il *doit se refroidir*. Qui plus est, il doit se refroidir d'une quantité précisément *équivalente* au travail effectué pendant cette détente. D'où cette conclusion évidente que plus grand sera le travail effectué par l'air pendant sa détente, et plus considérable sera son refroidissement.

Jusqu'en ces dernières années, le seul procédé employé dans les machines à air liquide pour effectuer la détente consistait à faire écouler par un simple robinet l'air préalablement comprimé à une *énorme* pression, 200 atm et même davantage. C'est ainsi, par exemple, qu'ont procédé Hampson, Tripler, et surtout le docteur Linde, professeur à l'École Polytechnique de Munich, dont le procédé se distingue de ceux de ses concurrents par d

caractéristiques tout à fait remarquables. Il n'empêche que ce moyen qui consiste à faire écouler l'air comprimé par un simple robinet sans pour ainsi dire lui opposer de résistance, soit un médiocre moyen de faire produire du travail, donc du froid, à cet air comprimé. Effectivement, la théorie nous enseigne que si l'air était un gaz parfait, il ne se produirait pendant cette détente aucun refroidissement, et que s'il s'en produit un en réalité, c'est que, surtout aux pressions très élevées et aux températures très basses où l'on est amené à opérer, l'air n'est plus du tout un gaz parfait. Au lieu que les molécules gazeuses puissent se dilater librement pendant leur détente, comme si elles étaient parfaitement élastiques, elles ne le peuvent plus qu'en absorbant un certain travail, ce qui se traduit, comme toujours, par un certain refroidissement. D'où le nom de détente *avec travail interne*, toute cette absorption d'énergie étant intérieure à chaque molécule, ou encore de détente *sans travail extérieur* donné à ce mode opératoire particulier.

Mais nous pouvons opérer autrement. Au lieu de faire écouler l'air comprimé par un simple robinet, sans pour ainsi dire lui opposer de résistance, sans par conséquent lui fournir l'occasion de développer du travail, au lieu, en un mot, — si l'on peut ainsi s'exprimer, — de faire de cet air comprimé un simple *enfonceur de portes ouvertes*, nous pouvons, au contraire, le forcer à effectuer pendant sa détente tout le travail dont il est susceptible, en poussant, par exemple, le piston d'une machine analogue à une machine à vapeur et en prolongeant la détente jusqu'à la pression atmosphérique, de manière à en épuiser tout l'effet. Il est bien évident que le travail produit étant ici bien plus grand, l'effet frigorifique sera bien meilleur.

Nous réalisons ainsi une détente *avec travail extérieur*, ainsi nommée parce que l'énergie développée peut être transmise par l'organe de détente extérieurement à la masse de gaz qui se détend.

On le remarquera, l'énergie recueillie par la machine de détente peut venir en aide au travail de compression de l'air que l'on utilise. On réalise donc de ce fait une certaine *récupération* de l'énergie dépensée, qui est un nouvel avantage de ce mode de détente. Celle-ci est d'ailleurs si efficace qu'à son aide il est possible d'abandonner définitivement les énormes pressions de la détente sans travail extérieur et de se contenter de 30 à 40 atm au plus.

Il est inutile d'insister sur l'extrême importance pratique de cette constatation.

Pourtant, en dépit de son extrême efficacité, la détente avec travail extérieur serait impuissante à nous amener directement aux températures très basses qui nous sont nécessaires. Nous avons fait remarquer précédemment que la température critique de l'air est de — 140 degrés, et qu'en conséquence, pour être en état de le liquéfier, il faut arriver au moins à cette température. Or, le régime de température d'une machine de détente fonctionnant dans les conditions ci-dessus indiquées se fixe invariablement aux environs de — 60 ou — 80 degrés. C'est donc tout à fait insuffisant, et un moyen nous est indispensable pour amplifier considérablement encore cet abaissement de température. Ce

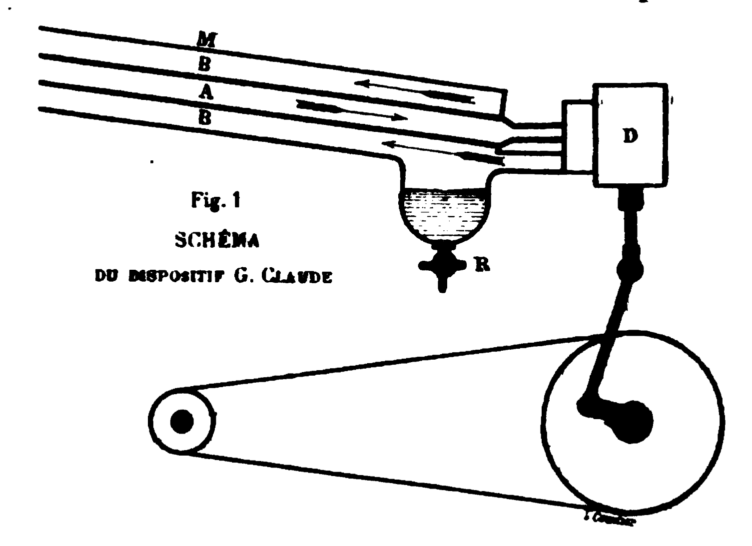


Fig. 1
SCHÉMA
DU DISPOSITIF G. CLAUDE

moyen réside dans l'emploi des *échangeurs de températures*, ou appareils à *contre-courant*, dont le principe, très simple, a été indiqué par Siemens dès 1857.

Imaginons qu'on entoure d'un tube concentrique le tube d'amenée d'air comprimé à la machine, et qu'on envoie dans ce tube, en sens inverse de l'air comprimé arrivant à la machine. l'air détendu et froid qui s'échappe de celle-ci. C'est la disposition représentée ici *(fig. 1)*. Dans cette circulation en sens inverse, les deux gaz vont *échanger* leurs températures. L'air détendu va céder son froid à l'air comprimé, qui, arrivant à la machine déjà refroidi, produira par sa détente une température un peu plus basse que celle de l'air qui l'a précédé; l'air détendu refroidira

donc un peu plus l'air comprimé suivant, et ainsi de suite. Ainsi, au lieu de rester stationnaire, comme c'était le cas quand le tube concentrique n'existait pas, la température, ici, s'abaissera progressivement, et nous atteindrons, à un moment donné, la *température de liquéfaction de l'air*. A partir de ce moment, une partie de l'air se résoudra spontanément à l'état liquide, et pourra être soutiré par le robinet R.

Rien de si simple, on le voit, que de liquéfier l'air...

Seulement..., tout cela, c'est de la théorie. Si nous passons au contraire à la pratique, nous nous trouvons en présence d'un ensemble de recherches qui, partant de l'idée initiale de Siemens, émise dès 1857, se continue par les recherches infructueuses de Hampson, de Solvay et de Linde lui-même. C'est qu'au cours du refroidissement progressif qui doit amener à la liquéfaction, des difficultés surgissent, qui mettent obstacle aux efforts de l'expérimentateur. C'est la chaleur ambiante, qui ne demande qu'à pénétrer à l'intérieur de la machine de détente, et à annihiler le froid produit; mais c'est, surtout, la congélation progressive des matières employées pour la lubréfaction, congélation qui commence par rendre plus difficile le maniement des organes de manœuvre, vannes, robinets, etc., et qui finit par paralyser entièrement la marche de la machine. Pour donner une idée de ces difficultés, nous rappellerons que dans le plus concluant de ses essais, M. Solvay, l'illustre inventeur de la fabrication de la soude à l'ammoniaque qui a révolutionné l'industrie chimique, atteignit à grand'peine — 92 degrés. Il n'est donc pas étonnant que, petit à petit, on en soit arrivé à se convaincre de l'impossibilité pratique de la détente avec travail extérieur, et à se croire définitivement condamné à la détente sans travail extérieur et aux énormes pressions qu'elle comporte.

C'était aller, sans doute, un peu vite en besogne.

C'était oublier que quand une chose est possible d'après la théorie, quand des difficultés pratiques s'opposent seules à sa réalisation, il est infiniment probable que ces difficultés ne sont pas insurmontables, et qu'au prix de plus ou moins d'efforts, de plus ou moins de peines, un artifice pourra être trouvé qui permettra à la chose d'être réalisée — et à la théorie d'avoir raison.

Pénétré de cette vérité, et en dépit de l'autorité incontestée des chercheurs qui avaient précédemment étudié la question, j'ai repris dans cette voie toute une série d'études.

Sans doute n'aurais-je pas été aussi téméraire sans les encouragements précieux que n'ont cessé de me prodiguer l'illustre successeur de Claude-Bernard, M. d'Arsonval, et ce grand savant dont l'Institut pleure la perte récente, M. Potier, dont le nom restera entouré de la pieuse affection de tous ceux, si nombreux, auxquels il a rendu service...

Des difficultés signalées tout à l'heure comme mettant obstacle à l'application de la détente avec travail extérieur, j'ai pu me convaincre tout d'abord que la seule importante dans la réalité est la congélation des lubréfiants.

Or, j'ai été assez heureux pour trouver dans l'*éther de pétrole* l'adjuvant idéal pour approprier à chaque instant les conditions de graissage aux conditions de température réalisées dans la machine. L'éther de pétrole est en effet, au point de vue qui nous occupe, un corps tout à fait remarquable, puisque seul, et à beaucoup près, parmi tous les liquides usuels, il peut supporter sans se congeler des températures de — 200 degrés. Mélangé en proportions variables aux huiles de graissage, il leur communique, dans une mesure correspondante, ses qualités d'incongelabilité; de sorte que par l'emploi successif de deux ou trois mélanges convenablement gradués, il est possible de franchir, sans que la lubréfaction cesse un seul instant d'être parfaite, toute la période qui s'écoule entre la mise en route de la machine et le moment où, par suite du jeu naturel de l'échangeur de températures, l'air liquide apparait dans la machine. A partir de ce moment, cet air liquide même qui se forme dans la machine se charge d'en assurer la lubréfaction, et tout graissage extérieur peut être supprimé. C'est ce que j'ai appelé l'*autolubréfaction*.

Dans ces conditions, le fonctionnement d'une machine de détente à la température de l'air liquide — ce fonctionnement que le Professeur Linde déclarait si catégoriquement impossible — est exactement aussi facile et aussi régulier que celui d'une machine à vapeur.

Bien entendu, avec toutes ces machines, il n'est plus aucunement question des pressions de 200 atm nécessaires à la détente sans travail extérieur, et c'est tout au plus si l'air qui les alimente est comprimé à 30 ou 40 atm.

Si l'on se bornait à l'application textuelle du processus ci-dessus, cependant, les résultats seraient détestables.

Une première raison de ce résultat décevant tient au fait que si l'air liquide est bien un lubréfiant, ce n'est pas, comme je l'avais cru tout d'abord, un très bon lubréfiant. D'où, à son apparition dans la machine, une aggravation notable des frottements, et, par conséquent, un dégagement de chaleur qui entraîne la destruction correspondante d'une partie de l'air liquide formé.

Mais ce n'est pas tout, tant s'en faut.

Nous avons dit, tout à l'heure, que pour épuiser l'effet de la détente, nous détendions l'air jusqu'à la pression atmosphérique, une partie de cet air se liquéfiant alors directement à la fin de chaque coup de piston. Dans ces conditions, il est bien évident que la température finale de la détente est de —190 degrés, puisque telle est la température d'ébullition de l'air liquide sous la pression atmosphérique.

La partie non liquéfiée de l'air détendu — soit plus des 9/10 — quittant la machine à cette température très basse de —190 degrés pour pénétrer dans l'échangeur, refroidira très énergiquement l'air comprimé, qui arrivera à la machine vers —130 ou —135 degrés. Or, dans ces conditions de température et de pression, l'air comprimé est au voisinage immédiat de sa liquéfaction. Ce n'est pas encore un liquide, mais ce n'est presque plus un gaz.

De là deux conséquences, également déplorables.

L'air arrive à la machine beaucoup plus contracté que ne le voudraient les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et, de ce fait, il faut, à chaque cylindrée, en admettre bien plus que ne l'indiquent les formules, soit, par exemple, 90 0/0 en trop à — 135 degrés, ce qui est désastreux; et, malgré ce gaspillage, le travail d'expansion est faible, par suite du manque d'élasticité de l'air causé par le voisinage de la liquéfaction.

Comment remédier à de si mauvais résultats? En principe, la chose paraît simple. Il doit suffire de relever la température initiale de la détente, de manière à s'éloigner de cette région de profonde perturbation, qui est localisée au voisinage immédiat de la température de liquéfaction. Si, par exemple, à la pression de marche de 40 atm, il était possible de remonter la température initiale de —135 à —100 degrés, nous réduirions l'excédent de dépenses, le gaspillage d'air comprimé, de 90 0/0 à moins de 20 0/0! En outre, cette quantité d'air bien moindre, mais plus élastique, produirait par son expansion plus de travail, partant plus de froid.

Mais n'est-ce pas un paradoxe, que de prétendre relever les

températures quand tout le succès, en matière d'air liquide, semble précisément lié à l'obtention de températures aussi formidablement basses que possible? Il est pourtant, pour y parvenir, un moyen très simple.

Au lieu d'envoyer directement dans l'échangeur l'air à — 190 degrés sortant de la machine, intercalons sur sa route ce que nous appellerons un *liquéfacteur*, c'est-à-dire un faisceau tubulaire L alimenté par une partie de l'air comprimé et froid du circuit d'alimentation de la machine *(fig. 2)*. Cet air, sous l'action combinée de ses 40 atm et du froid extrême de l'air détendu qui circule autour de lui, va se liquéfier; mais, comme c'est une loi générale de la physique que la température de liquéfaction d'un

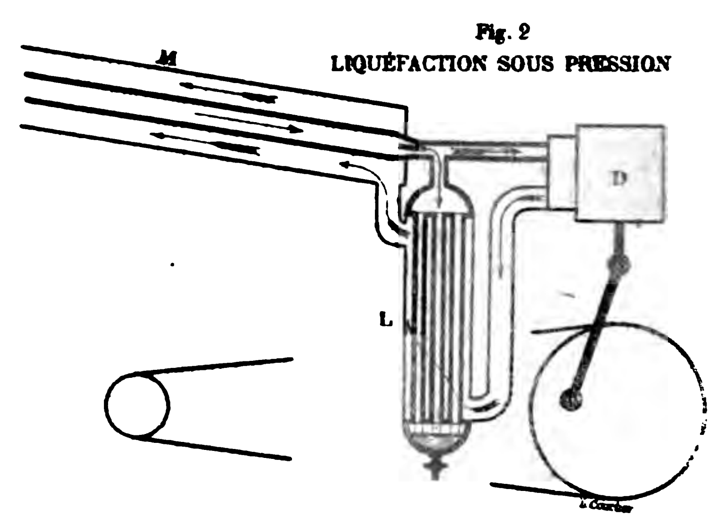


Fig. 2
LIQUÉFACTION SOUS PRESSION

gaz se relève avec la pression qu'il supporte, il va se liquéfier non à — 190 degrés, comme s'il était sous la pression atmosphérique, mais vers — 140 degrés, température critique de l'air.

Quant à l'air détendu extérieur, qui cède à l'air comprimé, pour le liquéfier, une partie de son froid, il va se réchauffer de ce fait même, et jusqu'à concurrence de — 140 degrés. Il pénétrera donc dans l'échangeur vers — 140 degrés, et non plus à —190 degrés, comme précédemment, et notre but sera atteint, puisque, de par ce fait, l'air d'admission arrivera à la machine beaucoup moins refroidi.

Dans ces conditions, le mécanisme de la liquéfaction est changé : au lieu que chaque détente, partant d'une température initiale très basse, entraîne une abondante liquéfaction

dans le cylindre de la machine, c'est à peine si elle s'achève maintenant par l'apparition d'une légère buée d'air liquide. Tout l'acte de la liquéfaction s'accomplit dans le liquéfacteur. Nous aurions donc tort de compter sur l'autolubréfaction pour entretenir la marche de la machine, et il nous faut ici graisser d'une manière permanente à l'éther de pétrole. Mais ceci même est un avantage de plus, puisque, comme il a été dit, l'air liquide n'est qu'un médiocre lubréfiant.

Ainsi, par ce perfectionnement si simple de la *liquéfaction sous pression*, par le relèvement de température initiale qui en est la conséquence, on réalise ce triple avantage d'éloigner la détente avec travail extérieur du zéro absolu qui paralyse ses facultés, de réduire presque à rien la contraction anormale de l'air au voisinage de son point de liquéfaction; d'assurer, enfin, une meilleure lubréfaction à l'intérieur du cylindre. Il n'en faut pas plus pour tripler notre rendement détestable de tout à l'heure, et pour dépasser beaucoup le rendement des meilleurs appareils basés sur la détente sans travail extérieur.

Ce rendement peut d'ailleurs être relevé notablement encore grâce à des perfectionnements en cours d'étude.

Telles sont, rappelées avec des détails nécessaires pour bien faire comprendre les difficultés de la pratique, les principales étapes que j'ai dû franchir pour appliquer dans de bonnes conditions à la liquéfaction de l'air le principe si séduisant de la détente avec travail extérieur.

Je n'ai pas à décrire ici les propriétés aujourd'hui banales de l'air liquide (1) ni les expériences curieuses qu'on peut faire à son aide. Je citerai pourtant la suivante, qui montrera à quelles surprises on peut se heurter quand on se lance à corps perdu dans le domaine des basses températures. Si on plonge une plaque de tôle très souple dans l'air liquide, si on la frappe ensuite contre un obstacle, elle se brise comme du verre. Il en va ainsi de toutes les propriétés des matériaux usuels, et cela donnera une idée des difficultés que l'on peut rencontrer dans la mise au point de ces questions.

Je signalerai encore l'expérience suivante, peu connue, et qui peut passer pour une des plus belles et des plus instructives de la physique. Un vide tout à fait relatif, soit 2 à 3 centimètres de mercure, a été fait dans un tube de Crookes, à l'aide

(1) Voir l'*Air Liquide*, par G. Claude. Dunod et Pinat, éditeurs.

d'une simple trompe à eau. En raison de ce vide partiel, la décharge électrique entre les deux électrodes présente cet aspect violacé un peu spécial qui est la première étape entre l'étincelle ordinaire et les phénomènes du tube de Gessler. Cette ampoule est en communication avec un réservoir de verre plein de simple charbon de bois, qu'on plonge dans de l'air liquide. Le savant anglais Dewar a trouvé qu'aux températures très basses, le charbon absorbe les gaz avec une énergie extrême. Dès qu'il est refroidi, le charbon pompe donc l'air de l'ampoule avec avidité et on voit en conséquence se succéder rapidement les magnifiques phénomènes du tube de Gessler; puis, le vide augmentant, apparaît la superbe fluorescence vert jaunâtre bien connue causée par le choc sur le verre de ces mystérieux *électrons* dont les physiciens se sont amusés à mesurer la vitesse et qu'ils ont trouvés déambuler à l'allure plutôt fantastique de 30 000 km *par seconde*. La fluorescence s'accentue progressivement; elle s'étend à toute la demi-sphère touchée par le faisceau cathodique, et l'ampoule est maintenant transformée en un tube de Crookes parfait pour la radiographie; mais peu à peu, le vide augmentant toujours, le tube *durcit*, comme disent les radiographes, puis *s'éteint* : le vide, qui atteint maintenant aux parages du dix-millionième d'atm, est devenu si parfait que le courant électrique est impuissant à le traverser!

Vient-on à retirer le tube de l'air liquide, le charbon restitue progressivement les gaz qu'il a absorbés et on voit se reproduire en sens inverse toute la succession de ces remarquables phénomènes.

Inutile d'ajouter que cette curieuse propriété du charbon de bois sera susceptible de grosses applications dans la fabrication des lampes à incandescence, des ampoules radiographiques, des récipients à air liquide, etc.

EXTRACTION DE L'OXYGÈNE

Pour extraire l'oxygène de l'air liquide, nous savons déjà qu'on se base sur la très grande différence de volatilités entre l'oxygène et l'azote. L'azote bouillant à — 194 degrés contre — 180°5 est des deux le plus difficilement condensable, donc le plus volatil : c'est lui qui joue par rapport à l'oxygène le rôle de l'alcool par rapport à l'eau. Aussi, quand de l'air liquide s'évapore, c'est surtout de l'azote qui s'échappe au début, tandis que l'oxygène se concentre dans le liquide restant, au point que celui-ci est finalement constitué par de l'oxygène très pur.

Parallèlement aux progrès de l'évaporation, le point d'ébullition du liquide se relève et, parti de — 193 degrés, aboutit nécessairement au point d'ébullition de l'oxygène liquide pur, soit — 180° 5.

L'air liquide, remarque très importante, est donc d'autant plus froid que sa teneur en azote est plus élevée — et ceci nous donnera la clef de son rôle dans la rectification.

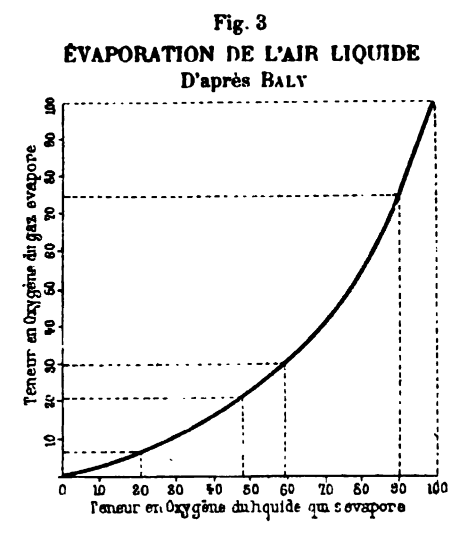
Voilà donc un premier moyen d'obtenir de l'oxygène : On évaporera de l'air liquide et l'on recueillera à part les dernières parties de l'évaporation.

Assurément, si l'on se bornait à cette maigre technique, les résultats seraient plutôt médiocres.

Chaque kilogramme d'air liquide normal contient 230 g d'oxygène, soit 150 l à l'état gazeux. A supposer même que l'évaporation puisse fournir à l'état de pureté la totalité de ces 150 l d'oxygène, il faudrait pour en obtenir 1 m³, 7 kg d'air liquide coûtant 7 ch-heures au moins. Ce serait, il est vrai, déjà très beau par rapport à l'électrolyse de l'eau, qui exige, elle, non pas 7 mais 18 ch-heures, mais ce serait tout à fait insuffisant encore pour ouvrir à l'oxygène les énormes débouchés de la métallurgie et de l'industrie chimique, qui exigent impérieusemen un prix de revient excessivement minime.

D'ailleurs, il s'en faut que notre évaporation simpliste nous fournisse la séparation intégrale d'oxygène et d'azote sur laquelle nous venons de tabler. La figure 3 représente la courbe représentative des lois de l'évaporation de l'air liquide : c'est un document capital auquel nous aurons à nous reporter constamment. En abscisses sont figurées les teneurs en oxygène du liquide qui s'évapore, en ordonnées les teneurs du gaz fourni par cette évaporation. On le voit, même au début de l'évaporation de l'air liquide à 21 0/0, l'azote qui se dégage emporte 7 0/0 d'oxygène. Cette proportion s'aggrave

Fig. 3
ÉVAPORATION DE L'AIR LIQUIDE
D'après BALY

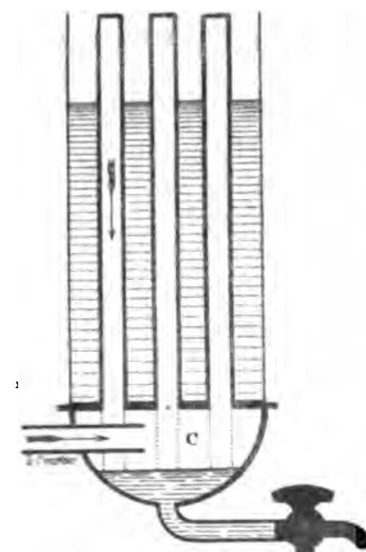


si rapidement que lorsque le liquide en est arrivé par l'évaporation à titrer 60 0/0, le gaz qui se dégage contient 30 0/0 d'oxygène. Aussi ne peut-on arriver à l'oxygène très pur que tout à fait à la fin de l'évaporation, et ne peut-on obtenir, même sous la forme médiocre d'oxygène à 90 0/0, que 20 l d'oxygène par kilogramme d'air liquide. Cela remet le mètre cube à 50 ch-heures, *trois fois plus* que par l'électrolyse !

Mais voici une idée qui va modifier considérablement la face des choses.

Jusqu'ici, nous avons évaporé directement l'air liquide comme l'on évaporerait de l'alcool ou de l'eau. C'est tout au plus si, au lieu de placer notre liquide sur un foyer, nous avons chargé du soin de l'évaporer la chaleur ambiante, qui y suffit amplement. Ainsi comprise, l'évaporation n'est autre chose qu'une destruction pure et simple du froid si coûteux de l'air liquide. Or, il y a beaucoup mieux à faire. Au lieu de détruire ce froid, il y a à le récupérer.

Fig. 4
ÉVAPORATION PAR LA VAPEUR



Cette idée capitale de la récupération du froid est due à Parkinson, et a été émise en 1892.

Pour éviter le trouble que jettent dans les raisonnements les plus simples ces températures anormales auxquelles nous évoluons, considérons les deux procédés employés dans l'industrie pour évaporer l'eau. Le premier correspond à celui indiqué pour l'air liquide et consiste à chauffer l'eau sur un foyer. Le second consiste dans l'évaporation par la vapeur (*fig. 4*). La vapeur sous pression est introduite dans un double fond ou dans un faisceau tubulaire immergé dans le liquide à évaporer. Cette vapeur va se liquéfier, car, étant sous pression, sa température de formation, ou de liquéfaction, est très supérieure à 100 degrés, soit par exemple 150 degrés si sa pression est de 4 atm — en sorte que l'eau extérieure, qui bout à 100 degrés seulement, *refroidit* les parois du faisceau très au-dessous de la température de condensation de la vapeur

interne et que celle-ci se condense abondamment. En se condensant, la vapeur cède au liquide extérieur, pour le vaporiser, sa chaleur latente de liquéfaction, et comme celle-ci est justement l'inverse de la chaleur de vaporisation de l'eau, il se trouve que chaque fois que 1 kg du liquide extérieur est vaporisé, 1 kg de vapeur s'est condensé à l'intérieur du faisceau.

Imaginons maintenant que l'eau soit un liquide précieux de par sa forme liquide même, et que sa vapeur, au contraire, ne coûte rien. On conçoit aussitôt combien ce second procédé de vaporisation sera supérieur au premier puisque, à mesure que notre liquide supposé précieux se détruit par l'évaporation, il s'en reconstitue une quantité sensiblement égale.

Or, cette supposition, mauvaise dans le cas de l'eau, s'applique au contraire textuellement au cas de l'air liquide.

L'air liquide est toujours un produit très coûteux, obtenu à grand renfort d'énergie, tandis que sa vapeur, on peut bien le dire, ne coûte rien, puisque cette vapeur n'est autre chose que l'air atmosphérique ! Évaporer l'air liquide par le premier procédé, par un foyer ou par la chaleur ambiante, c'est le détruire sans espoir de retour; mais si, au contraire, on emploie pour l'évaporer le chauffage par *sa* vapeur, c'est-à-dire, encore une fois, par l'air ordinaire légèrement comprimé, cet air, sous l'action combinée de sa pression et du froid extrême de l'air liquide baignant le faisceau, se liquéfiera comme la vapeur dans le cas précédent, en cédant sa chaleur latente de liquéfaction au liquide extérieur, qui se vaporisera.

Et alors, non seulement nous évaporerons le liquide extérieur; non seulement cette vaporisation, conformément au but à atteindre, fournira d'un côté de l'azote, de l'autre de l'oxygène, mais encore, fait capital, nous reconstituerons de par l'évaporation même, une quantité d'air liquide sensiblement égale à celle évaporée.

Voici, dès lors, comment pourra se présenter un appareil réalisant cette première étape vers le progrès (*fig. 5*).

Un récipient V contient l'air liquide à évaporer; un faisceau tubulaire F, muni d'un collecteur de liquide C, y est immergé. Ce faisceau F est alimenté d'air comprimé sous une pression très faible, 3 à 4 atm. Cet air se liquéfie comme il a été expliqué ci-dessus; et il se liquéfie d'autant plus aisément qu'il arrive dans le faisceau déjà refroidi par son passage dans l'échangeur M en sens inverse des gaz vaporisés, dont il retient le froid.

En opérant ainsi, la récupération du froid est aussi complète que possible, et c'est seulement dans ces conditions que la quantité d'air liquide récupérée peut équivaloir sensiblement à la quantité vaporisée. En effet, les seules pertes importantes à considérer dans un appareil bien combiné résultent de ce que malgré leur circulation en sens inverse de l'air entrant, les gaz vaporisés sortent encore un peu froids à la sortie de l'échangeur M. L'écart de température entre l'air entrant et l'air sortant peu-être de moins de 10 degrés dans un bon échangeur, et la quantité de froid emportée par les gaz vaporisés correspond ainsi à 10 degrés × la chaleur spécifique moyenne de l'air 0,24, soit au plus à 2,5 frigories par kilogramme d'air traité. C'est là le déchet

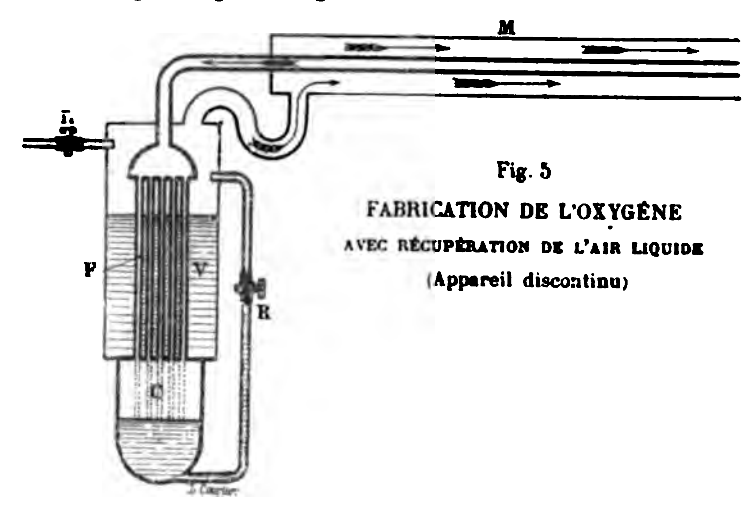


Fig. 5
FABRICATION DE L'OXYGÈNE
AVEC RÉCUPÉRATION DE L'AIR LIQUIDE
(Appareil discontinu)

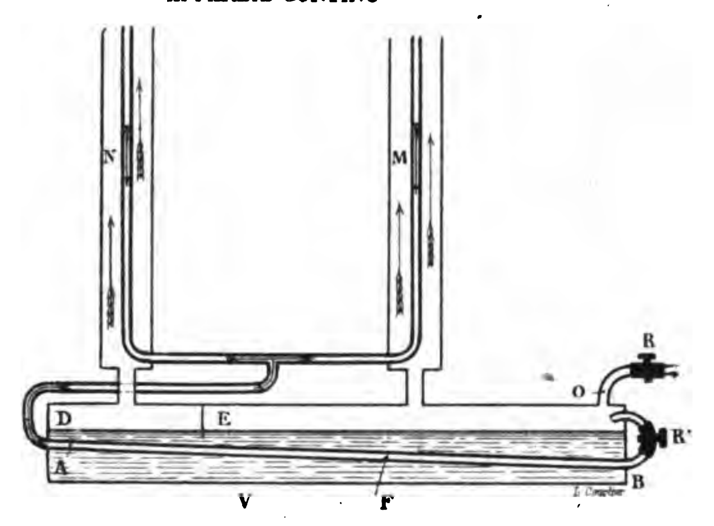
inévitable de toute opération industrielle, et il se traduit ici par le fait que la quantité d'air liquide qui se reconstitue n'est pas tout à fait équivalente à celle qui s'évapore. C'est le rôle de la machine de détente à air liquide de combler ce déchet en fournissant l'air liquide d'appoint nécessaire, dont la quantité est d'ailleurs bien faible devant la quantité d'air traité.

En effet, chaque kilogramme d'air liquide détient environ 100 frigories, et comme nous venons de voir que chaque kilogramme d'air séparé en emporte seulement 2,5 à 3, nous arrivons à cette conclusion extraordinaire que 1 kg d'air liquide permet de traiter jusqu'à 30 ou 40 kg d'air atmosphérique simplement.

On s'explique, dans ces conditions, l'extrême économie à laquelle permettent d'atteindre les procédés d'obtention de l'oxygène basés sur la liquéfaction.

Revenons à notre appareil. A mesure que l'air sous pression se liquéfie en F et se collecte en C, l'air liquide extérieur se vaporise en quantité correspondante. C'est d'abord, nous le savons, de l'air à 7 0/0 d'oxygène qui se dégage, mais petit à petit, la teneur s'élève. Dès qu'elle est jugée suffisante, on recueille l'oxygène, ou plutôt l'air suroxygéné produit — car ce n'est bien entendu que de l'air suroxygéné que prétendent produire ces procédés de vaporisation fractionnée — jusqu'à la fin de l'évaporation. Celle-ci terminée, le collecteur C est plein d'air liquide à 21 0/0. Nous déverserons ce liquide dans V, nous y joindrons de l'air liquide d'appoint pour reconstituer le volume initial,

Fig. 6
APPAREIL CONTINU



puis nous repartirons pour une nouvelle opération. Ici, la fabrication est essentiellement discontinue. Il est aisé de la rendre continue, par exemple, à l'aide du dispositif suivant *(fig. 7)*.

Le faisceau liquéfacteur est de forme allongée et placé horizontalement dans le vaporiseur V. L'air comprimé et froid arrive au faisceau par A. L'air liquide est soutiré en B et déversé par R, grâce à sa pression, concurremment avec l'air liquide d'appoint et d'une façon continue. Le liquide de V s'évapore progressivement au contact des tubes du faisceau, et, à mesure de son évaporation, s'avance vers D. Les gaz vaporisés sont donc d'autant plus riches en oxygène que produits plus loin vers D. On recueillera seulement pour les utiliser ceux produits à partir du point E,

où la teneur est jugée suffisante. Il faut ici deux échangeurs : l'un M pour retenir le froid des gaz pauvres, l'autre N, pour recueillir celui de l'air suroxygéné.

Telle est l'essence des procédés qui ont tout d'abord été proposés. On y trouve comme caractéristique commune que l'air à traiter y est *totalement* liquéfié et fournit par suite un liquide à 21 0/0 d'oxygène qui, lors de sa vaporisation, doit parcourir, au prix d'une grande perte d'oxygène, toute la gamme des concentrations avant de parvenir à la teneur désirée.

Ce mode opératoire a son origine dans une erreur de Dewar et Linde. D'après ces savants, en effet, le phénomène de la liquéfaction de l'air ne serait pas l'inverse de celui de sa vaporisation. Alors que dans celle-ci l'azote part surtout au début de l'évaporation et l'oxygène à la fin, pendant la condensation, au contraire, les deux gaz se liquéfieraient simultanément dans la proportion invariable qui constitue l'air atmosphérique. D'où, en l'absence de tout effet sélectif pendant la liquéfaction, la nécessité de pousser celle-ci jusqu'au bout et de faire porter tout l'effort de la séparation sur la vaporisation ultérieure du liquide à 21 0/0 ainsi obtenu.

Cette théorie m'étonna par son allure antiphysique. En thèse générale, en effet, le phénomène de la condensation d'un mélange gazeux est exactement l'inverse de celui de la vaporisation, et pour que l'air se comportât différemment, il faudrait qu'il y ait là, en vérité, une bien curieuse anomalie.

Or, cette anomalie n'existe pas. J'ai réussi à établir expérimentalement ce fait, déjà énoncé à mon insu par le savant canadien Lesueur : pour l'air comme pour les autres mélanges gazeux, la logique est de rigueur et la courbe dont il a été parlé plus haut comme fournissant les particularités de l'évaporation peut, avec la même exactitude, faire prévoir toutes celles de la liquéfaction. Exemple : pour que de l'air liquide qui s'évapore dégage du gaz à la teneur de l'air atmosphérique, soit 21 0/0, il faut, d'après la courbe *(fig. 3)*, qu'il titre lui-même 48 0/0. Eh bien ! réciproquement, si de l'air atmosphérique, de l'air à 21 0/0 est appelé à se condenser progressivement, la première goutte fournie sera constituée par du liquide très riche, titrant précisément 48 0/0. Plus généralement encore, lorsque du liquide et du gaz de teneurs réciproques quelconques sont mis en contact suffisamment intime, il s'établit entre eux un échange

tel qu'à une teneur finale A du liquide répond dans le gaz la teneur correspondante indiquée par la courbe. Ainsi, le liquide à 21 0/0 ne peut subsister normalement qu'avec du gaz à 7 0/0, le liquide à 48 0/0 qu'avec du gaz à 21 0/0, etc.

Par exemple, si on plonge dans une éprouvette contenant de l'air liquide à 21 0/0, un tube par lequel se dégage de l'oxygène, l'oxygène sort en bulles à travers le liquide, mais lorsque ces bulles viennent crever à la surface, elles y éteignent une allumette enflammée, ce qui montre qu'elles ne renferment guère plus que de l'azote : l'oxygène des bulles, en effet, s'est condensé sous l'action de la température très basse du liquide environnant et a été remplacé dans ces bulles par de l'azote plus

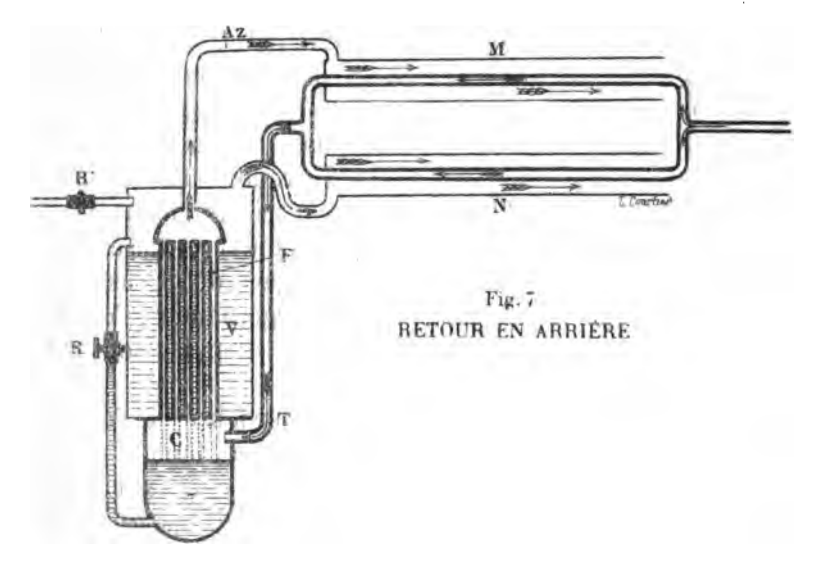


Fig. 7
RETOUR EN ARRIÈRE

volatil, jusqu'à concurrence des 7 0/0 qui correspondent, d'après la courbe, au liquide à 21 0/0.

J'ai pu utiliser ces faits dans des conditions infiniment avantageuses, grâce à ce que j'ai appelé la *liquéfaction partielle* avec *retour en arrière*, qui forme la base essentielle de mes procédés d'extraction de l'oxygène.

Considérons la figure 7. Dès son arrivée par le tuyau T à la partie inférieure du faisceau, l'air à traiter, comprimé et froid, commence à se liquéfier, et, nous venons de le voir, ces premières gouttes liquides titrent 48 0/0. Appauvri par ce fait, l'air s'élève dans le faisceau, et le liquide qui s'y forme, tout en ne titrant naturellement plus tout à fait 48 0/0, appauvrit encore

par sa formation le gaz résiduel, qui abandonnera donc un peu plus haut du liquide un peu plus pauvre, et ainsi de suite. Finalement, au sommet du faisceau, le résidu gazeux sera constitué par de l'azote pratiquement pur.

Mais si aucun effet annexe n'intervenait, on peut se convaincre que pour en arriver ainsi à l'azote presque pur, il faudrait, ici encore, liquéfier l'air presque totalement, de même que dans le phénomène inverse de l'évaporation, ce n'est que tout à fait à la fin qu'on arrive à l'oxygène pur. Mais, par la disposition même des choses, un fait capital intervient ici. Dès que de l'air liquide se forme en un point quelconque du faisceau, il retombe par son poids en sens inverse des gaz ascendants. C'est le retour en arrière. Il vient donc en contact avec un gaz progressivement plus riche que celui qui lui a donné naissance. Or, d'après ce qui a été expliqué, l'équilibre n'est pas possible entre ce gaz et ce liquide, trop froid par rapport au gaz de par sa teneur exagérée en azote. Une partie de l'oxygène plus condensable du mélange gazeux va donc se liquéfier et prendre dans le liquide la place d'une partie de l'azote qui se vaporisera. Le même fait se produira naturellement dans tous les points du faisceau, en sorte que le liquide descendant agira à l'égard du gaz ascendant comme une douche froide condensant énergiquement l'oxygène de ce gaz et accélérant infiniment l'action d'épuisement due à la liquéfaction progressive.

Au total, le liquide formé, détenant l'intégralité de l'oxygène de l'air traité, s'écoule au bas du faisceau à une teneur pouvant atteindre 48 0/0, tandis que la moitié de l'air traité s'échappe à la partie supérieure du faisceau *à l'état d'azote pratiquement pur, sans avoir eu besoin d'être liquéfié.*

Quels sont les avantages de ce mode opératoire? Ils sont des plus importants.

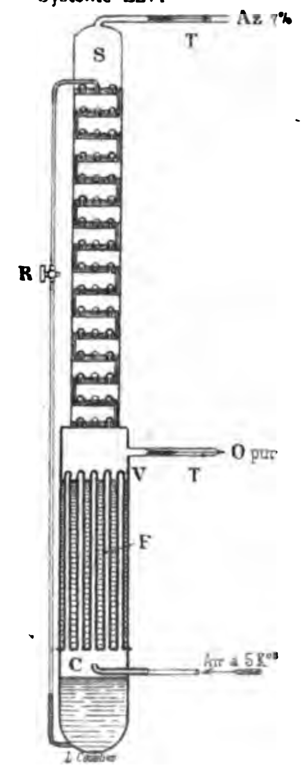
D'abord, on obtient ainsi, directement et sans aucune complication de l'azote pur, que les procédés basés sur la liquéfaction totale ne peuvent fournir directement, puisque le liquide à 21 0/0 qu'ils fournissent, même au début de l'évaporation, dégage de l'azote à 7 0/0 d'oxygène. Cette préparation si simple de l'azote pur est d'une portée industrielle énorme, car il est bien certain que l'utilisation de ce sous-produit pour la fabrication de l'ammoniaque, des cyanures, de la cyanamide, etc., sera dans un avenir prochain l'un des côtés les plus intéressants de l'industrie qui nous occupe.

Mais si le retour en arrière est infiniment précieux au point de vue de l'azote, il ne l'est guère moins en ce qui concerne l'oxygène. En effet, l'obtention directe d'un liquide détenant tout l'oxygène de l'air traité et titrant 48 0/0 au lieu de 21 0/0, supprime de l'évaporation ultérieure toute la partie comprise entre 21 0/0 et 48 0/0, pendant laquelle le tiers de l'oxygène de l'air traité s'échappe à une teneur comprise entre 7 0/0 et 21 0/0, donc sous une forme inutilisable. Supprimer cette perte, c'est donc s'assurer d'un rendement en oxygène 50 0/0 meilleur !

Ce sont là, on l'avouera, des avantages bien remarquables du retour en arrière, et cependant, ces avantages prendront tout à l'heure une importance beaucoup plus grande encore.

Jusqu'ici, nous n'avons parlé que de l'obtention de l'air suroxygéné, seul résultat que permette d'atteindre la *vaporisation fractionnée* de l'air liquide. Grâce aux procédés de *rectification*, calqués sur ceux employés dans l'industrie de l'alcool, on peut arriver jusqu'à l'oxygène pur.

Fig. 8
COLONNE DE RECTIFICATION
Système Lévy



L'idée d'appliquer la rectification à l'air liquide est évidente, après toutes les explications précédentes sur ce mélange de deux liquides aussi différemment volatils : aussi s'est-elle présentée à l'esprit de tous ceux qui se sont occupés d'air liquide et le docteur Linde a-t-il pu indiquer la possibilité d'appliquer à l'extraction de l'oxygène les colonnes de rectification ordinaires employées dans l'industrie de l'alcool.

Pour faciliter la compréhension de ces procédés, nous décrirons le système très simple imaginé par notre collaborateur, M. Lévy :

V est le récipient évaporatoire plein d'air liquide au début *(fig. 8)*; F est le faisceau tubulaire, alimenté, comme toujours, par l'air à traiter, refroidi et comprimé

à 3 ou 4 atm. Les gaz vaporisés dans V montent dans une colonne de rectification ordinaire C. Le liquide à 21 0/0 formé dans F par la liquéfaction totale de l'air est déversé, de par sa pression, au sommet de la colonne, d'une façon continue et s'écoule de plateau en plateau, en sens inverse et au contact des gaz ascendants. Ceux-ci, lavés dans le dernier plateau par du liquide à 21 0/0, quittent donc la colonne à la teneur de 7 0/0 environ. Comme les poids du liquide entrant et du gaz sortant sont égaux à chaque instant, mais que la teneur du liquide est triple de celle du gaz, il entre bien plus d'oxygène qu'il n'en sort et la quantite d'oxygène présente dans la colonne augmente rapidement.

Que signifie cela? Cela signifie, tout simplement, que les effets analysés tout à l'heure pour le retour en arrière se reproduisent ici : le liquide déversé au sommet de la colonne, très froid de par sa teneur élevée en azote, se comporte, vis-à-vis des gaz ascendants, comme une douche froide condensant énergiquement l'oxygène, qui se substitue dans le liquide à une quantité correspondante d'azote plus volatil. Le liquide descendant s'enrichit donc de plateau en plateau, et sa teneur augmente progressivement, ainsi que celle du liquide de V. Cet effet rectificatif est si remarquable, en vertu de la différence considérable des volatilités, qu'après une courte mise en marche, on obtient dans V de l'oxygène liquide ***absolument pur***, et sur les plateaux, de bas en haut, toute la gamme des teneurs décroissantes, depuis l'oxygène pur jusqu'au liquide à 21 0/0.

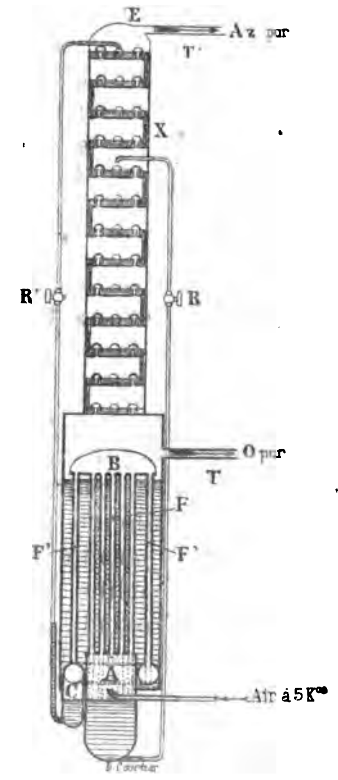
En continuant ainsi, l'oxygène continuera à s'accumuler, puisqu'il continuera à entrer du liquide à 21 0/0 et à sortir du gaz à 7 0/0 seulement; aussi, l'oxygène liquide pur envahira petit à petit, de bas en haut, les plateaux successifs. Bientôt, le liquide des derniers plateaux lui-même deviendra trop riche pour pouvoir épuiser efficacement l'oxygène des gaz sortants et la teneur de ceux-ci s'élèvera progressivement de 7 0/0 jusqu'à 21 0/0, résultat d'ailleurs évident *a pricri*, car la quantité d'oxygène présente dans la colonne ne pouvant augmenter indéfiniment, il est rigoureusement nécessaire qu'à partir d'un certain moment, ce qui sort soit égal à ce qui entre et titre, par suite, 21 0/0. Cette teneur exagérée des gaz sortants est l'indice d'une situation normale d'une surabondance d'oxygène que l'on corrigera en prélevant par T une partie de l'oxygène vaporisé et l'envoyant à travers un échangeur de températures aux appareils

d'utilisation. Ce sera là le produit de la fabrication. Plus on soustraira d'oxygène par T, plus la teneur anormale des gaz au sommet de la colonne s'abaissera ; elle finira par revenir à 7 0/0, teneur normale des gaz lavés par du liquide à 21 0/0. A ce moment, le régime normal sera établi — et c'est de l'oxygène pur que l'on fabriquera ainsi.

Quel rendement peut-on réaliser dans ces conditions? Le calcul est aisé. Basons-nous, par exemple, sur le traitement de 100 d'air dans le faisceau.

En négligeant les écarts, peu importants, des chaleurs spécifiques et latentes de l'oxygène et de l'azote, ces 100 d'air, en se liquéfiant, vaporisent 100 d'oxygène. Une partie de celui-ci est soutirée en T : le reste est envoyé dans la colonne : ce reste doit suffire à transformer en oxygène pur, pendant leur descente, les 100 de liquide à 21 0/0 déversés au sommet ; il y faut pour cela 79 d'oxygène, à quoi il faut ajouter environ 6 qui s'échappent dans les gaz épuisés à 7 0/0. Sur les 100 d'oxygène vaporisés, nous en envoyons donc 85 dans la colonne et en recueillons 15, de sorte que 100 d'air traité fournissent 15 d'oxygène pur, sur les 21 qu'ils renferment. Le résultat, on l'avouera, est remarquable de simplicité et d'efficacité.

Fig. 9
RECTIFICATION AVEC RETOUR EN ARRIÈRE
Système G. CLAUDE



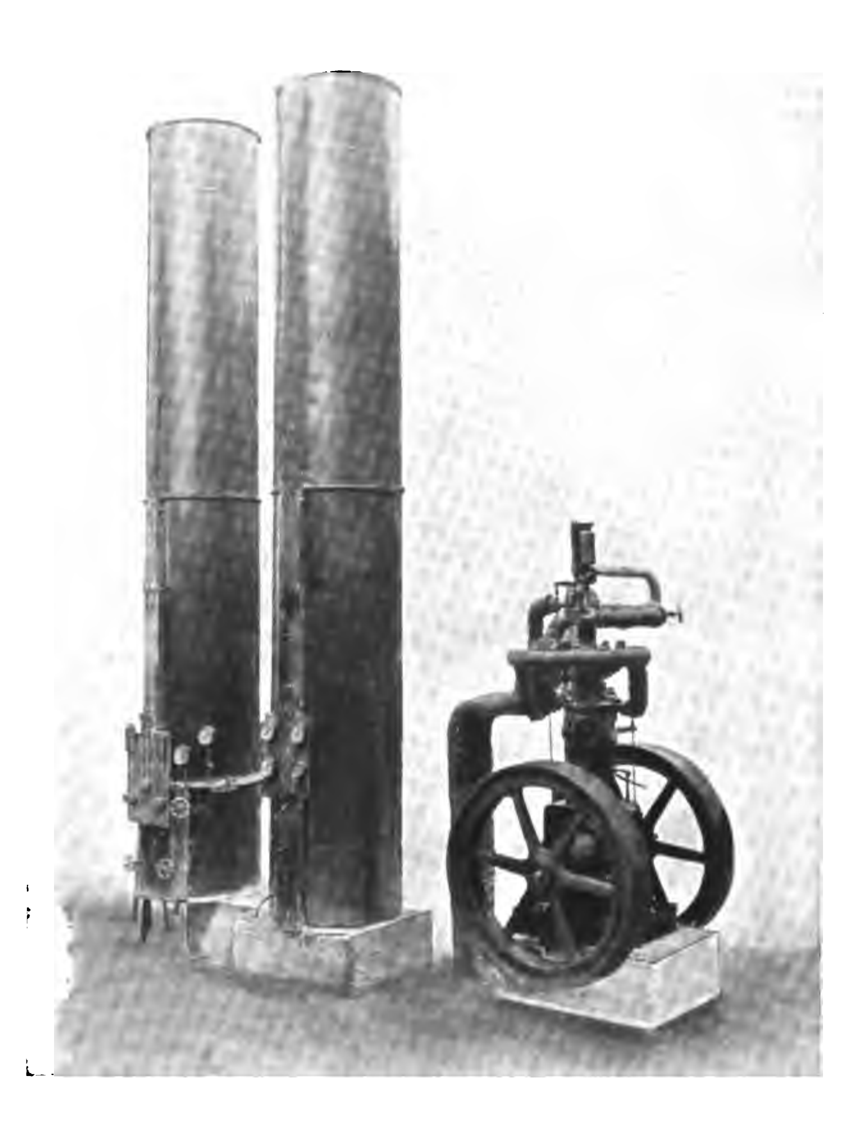
Que reste-t-il à faire pour atteindre le maximum possible de rendement? Les gaz épuisés, nous venons de le voir, sortent à la teneur de 7 0/0, comme c'est, d'ailleurs, le cas pour tous les procédés basés sur la liquéfaction totale. Il faut arriver à retenir ces 7 0/0 d'oxygène, de manière, d'une part, à obtenir

de l'azote pur et, d'autre part, à réaliser l'intégralité du rendement en oxygène.

Pour y arriver, il m'a suffi de combiner avec la rectification le procédé de retour en arrière précédemment décrit (*fig. 9*). L'air comprimé et froid arrive dans le faisceau F par la partie inférieure A et s'y liquéfie partiellement avec retour en arrière en fournissant, comme nous avons vu, un liquide pouvant détenir jusqu'à 48 0/0 d'oxygène et un résidu gazeux qui est de l'azote pratiquement pur. Ce dernier pénètre de haut en bas dans le faisceau F' concentrique au premier et achève de s'y liquéfier en fournissant un liquide qui est donc de l'azote à peu près pur. Le liquide riche collecté en C est déversé, grâce à sa pression, à la partie médiane de la colonne. Il épuise les gaz ascendants jusqu'à concurrence de 21 0/0. L'azote liquide collecté en C' est déversé tout à fait au sommet de la colonne et soumet les gaz à 21 0/0 de la première rectification à une rectification complémentaire qui les épuise totalement en oxygène. En résumé, tout l'oxygène de l'air traité, à un degré de pureté pouvant atteindre 98 à 99 0/0, sort par T, tout l'azote, à un degré de pureté analogue, sort par T'. Ainsi est réalisé, par des moyens dont on appréciera la simplicité, cet intéressant problème de physique industrielle consistant dans la séparation intégrale de l'air atmosphérique en oxygène pur et azote pur.

La Société *l'Air liquide* a en fonctionnement courant, à son usine de Boulogne-sur-Seine, deux appareils basés sur les principes précédents et pouvant produire par jour l'un 700 et l'autre 1 000 m³ d'oxygène à 96-98 0/0. La figure 10 représente ce dernier; on y voit, à droite, la machine à air liquide, au milieu, la colonne des échangeurs; à gauche, enfin, la colonne de distillation dont la hauteur est d'environ 4 m. On sera sans nul doute impressionné par les petites dimensions de ces appareils, par l'énormité relative de leur débit; enfin, par la régularité et la facilité de leur marche. Et on me permettra d'exprimer ma profonde conviction que l'entrée en scène de ces nouveaux moyens d'obtention de l'oxygène et de l'azote va être pour la métallurgie, pour les procédés de l'éclairage, pour nombre d'industries chimiques, pour la médecine et l'hygiène, pour l'humanité tout entière, en un mot, le signal d'une vraie révolution.

Qu'on songe qu'avec ces nouveaux procédés il sera certaine-



ment possible d'atteindre, de dépasser le mètre cube d'oxygène pur par cheval et par heure, c'est-à-dire de multiplier par 20 ou 30 l'efficacité des actuels procédés basés sur l'électrolyse de l'eau, et on concevra à combien de besognes nouvelles, à quelles tâches inattendues il va être possible d'appliquer ce gaz si prodigieusement actif, obtenu dans de pareilles conditions !

Je compte avoir fait ressortir avec suffisamment de netteté, dans l'exposé ci-dessus, la nouveauté des procédés qui me sont propres et l'efficacité des moyens qu'ils mettent en jeu, aussi bien en ce qui concerne la fabrication de l'air liquide que l'emploi de cet air liquide à l'extraction de l'oxygène.

J'ai déjà dit toute la reconnaissance dont je suis redevable à M. d'Arsonval, à M. Potier, et, je pourrais l'ajouter aussi, à mon cher professeur, M. Curie, pour leurs précieux conseils au cours de ces longues recherches.

Je dois également remercier les membres de la Société *l'Air liquide*, et particulièrement MM. Delorme, F. Gallier, Brocq, Lepaute et Burton. Je témoignerai aussi toute ma gratitude à mon collaborateur de la première heure, M. Vettiner, à mes collaborateurs actuels, MM. R.-J. Lévy et A. Helbronner, et à mon neveu, M. Maurice Claude.

Enfin, qu'il me soit permis de terminer par un vœu ce trop long exposé. Ce vœu, c'est de trouver auprès de l'industrie française le concours bienveillant grâce auquel cette nouvelle branche de la technique industrielle pourra porter ses meilleurs fruits dans le pays qui l'a vue naître, de par les beaux travaux de notre illustre compatriote, M. Cailletet..

RAPPORT

SUR LE

CONCOURS INTERNATIONAL DE VÉHICULES INDUSTRIELS

EN AOUT 1905

ORGANISÉ PAR LA COMMISSION DES CONCOURS

DE

L'AUTOMOBILE CLUB DE FRANCE

PAR

M. Georges LUMET

INGÉNIEUR DU LABORATOIRE DE L'A. C. F.

Organisation de l'épreuve.

La Commission des Concours de l'Automobile Club de France décida l'organisation d'une grande manifestation destinée à montrer à tous les progrès réalisés dans la construction des véhicules industriels et de transports en commun.

M. le marquis de Dion, Président de la Commission des Concours, MM. Rives, Martin du Gard, Max Richard, Vice-Présidents, M. Famechon Délégué de la Commission, eurent la tâche considérable non seulement de prévoir les mille détails de l'organisation matérielle d'une aussi grande épreuve, mais encore de veiller à ce que le décor de cette manifestation fût digne d'elle lors des Expositions organisées dans les grands centres traversés par les véhicules.

La Commission technique de l'A. C. F., que préside M. A. Loreau, ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils, eut la tâche d'assurer l'organisation technique de cette épreuve et

délégua à cet effet l'un de ses membres, M. Georges Longuemare. La Commission technique décida de contrôler :

1° La régularité de marche des véhicules;

2° La consommation en combustible de ces véhicules.

Elle devait recueillir tous renseignements lui permettant d'établir un rapport à l'issue de l'épreuve. Ce rapport, soumis à la Commission technique, fut approuvé et ce sont les données de ce rapport qui font l'objet de cette Communication.

La Compagnie Générale des Omnibus, sur un programme étudié par elle, contrôla, avec la plus grande attention, les véhicules de transport en commun de la cinquième catégorie.

Le jury de ce concours spécial était composé de : MM. Mauclère, Président, Directeur des Ateliers de la C. G. O.; G. Longuemare, Délégué de la Commission technique de l'A. C. F.; comte H. de la Valette, membre du Conseil d'administration de l'A. C. F.

L'omnibus qui obtint la médaille d'or décernée par la C. G. O. fut l'omnibus de la Société des Automobiles Eugène Brillié.

Douze fourgons militaires figuraient dans l'épreuve. Une Commission composée d'officiers et nommée par M. le Ministre de la Guerre enregistra tous les renseignements que comportait un programme de concours établi par le Ministère, concours dont la sanction était l'achat par l'État des trois premiers fourgons classés. Les trois marques qui triomphèrent dans ce Concours furent Delahaye, de Dion-Bouton et Gillet-Forest.

Conditions de l'épreuve.

Suivant un programme déterminé, tous les véhicules participant à la manifestation, véhicules pour le transport des marchandises, véhicules de transports en commun, véhicules de la Compagnie Générale des Omnibus, fourgons militaires, devaient parcourir les étapes suivantes et observer les arrêts indiqués dans les villes où le plus souvent ils participaient à des expositions. Deux itinéraires existaient, l'un plus long que l'autre, et chaque catégorie de véhicules devait parcourir l'itinéraire qui lui était indiqué; néanmoins les gites d'étapes étaient les mêmes, quels que soient les itinéraires.

Liste des étapes.	Itinéraires.	km	km
Paris-Compiègne .	A, par Meaux, Soissons.	153,0	
	B, par Enghien, Creil.		95,5
Compiègne-Amiens.	A, par La Fère, Saint-Quentin. . .	148,5	
	B, par Montdidier, Moreuil		73,7
Amiens-Dieppe. .	A, par Doullens, Eu	133,4	
	B, par Airaisnes, Grandcourt . . .		98,9
Dieppe-Le Havre .	A, par Fécamp, Goderville	105,6	
	B, par Fécamp, Goderville		105,6
Le Havre-Rouen .	A, par Bolbec, Tôtes	150,8	
	B, par Lillebonne, Caudebec . . .		88,0
Rouen-Mantes. .	A, par Gournay, Gisors.	130,8	
	B, par Louviers, Vernon		79,0
Mantes-Paris. .	A, par Flins et Saint-Germain. . .	53,5	
	B, par Flins et Saint-Germain. . .		53.5
	Totaux	875,6	594,2

Les véhicules participant à l'épreuve étaient rangés dans les catégories suivantes :

Véhicules de transport de marchandises.

1re Catégorie : *Motocycles transportant au moins 50 kg* (Itinéraire A).

Mototri Contal I, n° 20;
— — II, n° 21;
— — III, n° 22.

2e Catégorie : *Véhicules transportant 200 à 500 kg* (Itinéraire A).

De Dion-Bouton et Cie, n° 5;
E. Viguié, n° 27;
Automoto, n° 33.

3e Catégorie : *Véhicules transportant plus de 500 à 1 000 kg* (Itinéraire B).

Gillet-Forest, n° 4;
De Dion-Bouton et Cie, n° 6;
Ariès, n° 23;
Clément, n° 30.

4e Catégorie : *Véhicules transportant plus de 1 000 à 1500 kg* (Itinéraire B).

Delahaye n° 32.

5e Catégorie : *Véhicules transportant plus de 1 500 à 2 000 kg* (Itinéraire B).

De Diétrich, n° 2;
Latil, n° 10;
Gladiator, n° 29.

6e Catégorie : *Véhicules transportant plus de 2 000 kg* (Itinéraire B).

Kriéger, n° 2;
De Dion-Bouton, n° 8;
Latil, n° 11;
Turgan, n° 12;
Delaugère et Clayette, n° 14;
A. Cohendet, n° 15;
— n° 16;
Automobiles D. A. C., n° 17;
Brillié, n° 19;
Ariès, n° 24;
Dufour, n° 25;
Daimler, n° 26;
Cottereau et Cie, n° 28;
Dubois, n° 31;

7e CATÉGORIE : *Trains à plusieurs voitures* (Itinéraire B).

Automobiles N. A. G., n° 9;
Turgan, n° 13.

Véhicules de transport en commun.

1re CATÉGORIE : *Véhicules transportant plus de 6 personnes* (Itinéraire A).

De Diétrich, n° 41;
— n° 42;
Gillet-Forest, n° 49;
Peugeot, n° 52.

2e CATÉGORIE : *Véhicules transportant 12 à 24 personnes* (Itinéraire A).

De Diétrich, n° 43;
— n° 44;
Gardner-Serpollet, n° 47;
De Dion-Bouton et Cie, n° 50;
Ariès, n° 55;
Cottereau, n° 56.

Catégorie des omnibus comportant au moins 30 places avec impériale remplissant le programme d'exploitation de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris (Itinéraire A).

Kriéger, n° 46;
Gardner-Serpollet, n° 48;
De Dion-Bouton, n° 51;
Mors, n° 53;
Brillié, n° 54;

Catégorie des fourgons militaires (Itinéraire A)

De Diétrich, n° 81 ;
Gardner-Serpollet, n° 82;
Gillet-Forest, n° 83;
De Dion-Bouton, n° 84;
Peugeot I, n° 85 ;
— II, n° 86 ;
— III, n° 87 ;
Latil, n° 88 ;
Delahaye, n° 91 ;
Ariès I, n° 92 ;
Ariès II, n° 93 ;
Cottereau, n° 94.

Régularité de marche.

Pour la régularité de marche, il fut établi, en des endroits déterminés de chaque itinéraire, endroits inconnus des concurrents, des postes de contrôle.

Dans ces postes étaient des commissaires spéciaux qui arrêtaient les véhicules et notaient les heures d'arrivée et de départ de ces véhicules. Les heures étaient portées non seulement sur les feuilles de contrôle à chacun des postes, mais aussi sur les feuilles individuelles qui avaient été remises aux commissaires à bord.

Des feuilles d'instructions avaient été données d'abord aux commissaires à bord des voitures, puis aux commissaires chefs des contrôles fixes sur route, enfin aux commissaires spécialement désignés comme chefs de parc soit aux haltes désignées pour les déjeneurs, soit aux gîtes d'étapes, dans les parcs d'exposition.

Essais de consommation.

Les consommations en combustible n'étaient relevées qu'autant que les conducteurs de voitures consentaient à subir les formalités nécessaires pour assurer la sincérité de ces épreuves.

M. G. Longuemare avait fait établir un modèle de bouchon de réservoir, un modèle de robinet raccord au réservoir, un modèle de raccord au carburateur spécialement disposés en vue d'un plombage.

La Commission technique de l'A. C. F. reconnut l'efficacité de ces dispositifs en vue d'assurer une très grande sincérité aux essais.

La veille du départ de la catégorie de véhicules désignée, comme nous le verrons plus loin, pour participer à l'épreuve de consommation, le délégué de la Commission technique faisait procéder, en sa présence, au remplissage des réservoirs; il effectuait alors les plombages prévus, s'assurait de la disposition de toute la canalisation du combustible, puis désignait le commissaire à bord qui devait surveiller la voiture pendant cette épreuve spéciale.

Le lendemain, à l'arrivée au gite étape, et sans que le commissaire quittât la voiture pour laquelle il était désigné, le délégué de la Commission technique procédait au remplissage des réservoirs à l'aide de vases jaugés et d'éprouvettes graduées.

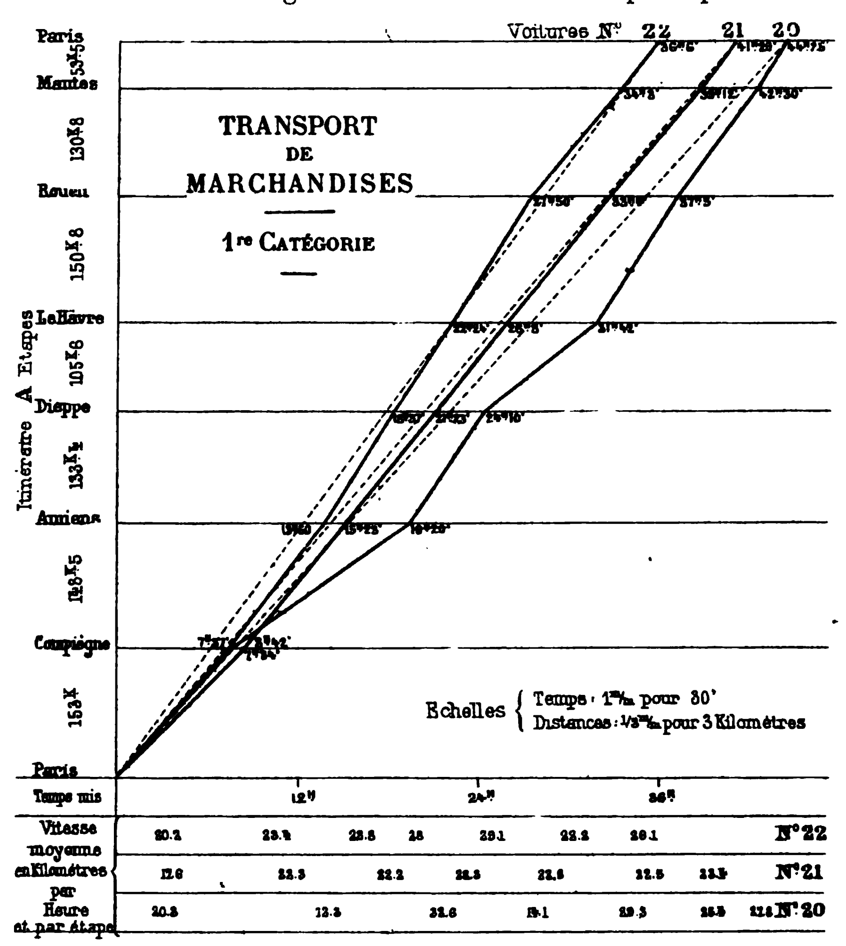
Le combustible introduit était ainsi connu en quantité d'une façon très exacte.

CONSTATATIONS TECHNIQUES

Régularité de marche.

Nous avons relevé dans des tableaux les heures de passage des véhicules dans tous les contrôles.

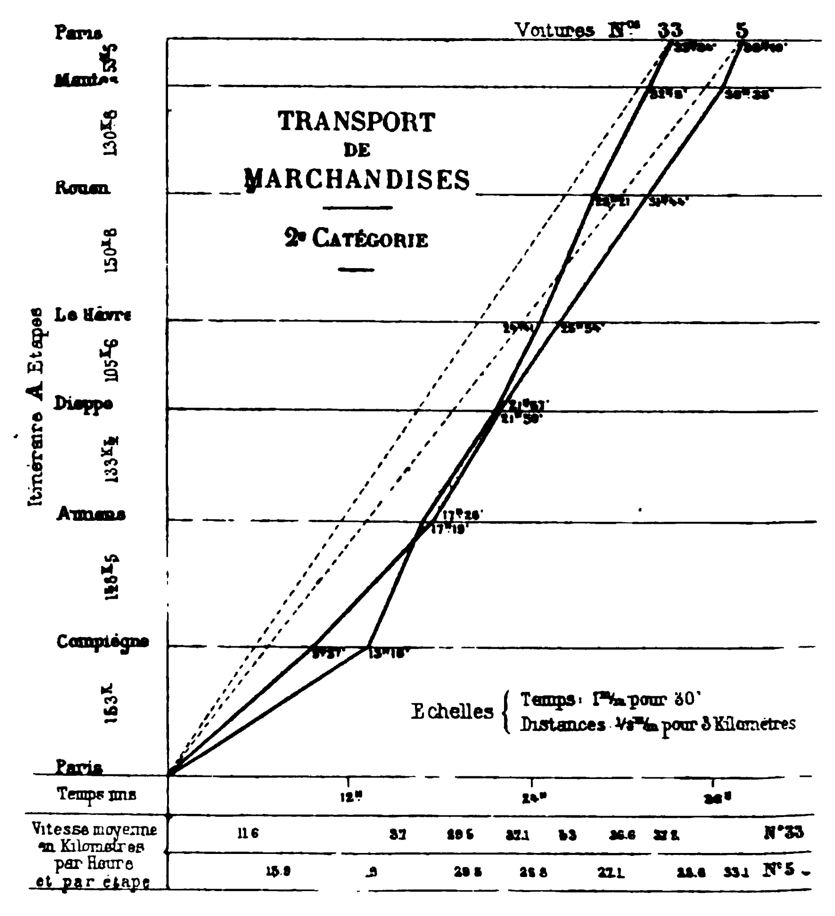
Nous avons noté également les observations principales faites



par les commissaires à bord sur les feuilles individuelles par voiture et par journée, ainsi que celles relevées sur les feuilles de contrôle sur route.

Les observations concernant les arrêts dus aux incidents ordinaires de la route : crevaisons de pneumatiques, passages à niveau, etc., n'ont pas été notés, les arrêts de cette nature n'en-

trant pas en ligne de compte pour l'établissement de la vitesse commerciale. Enfin, dans des colonnes spéciales, nous avons calculé le temps net, *arrêts imposés déduits*, employé à accomplir le parcours et aussi la *vitesse moyenne réelle* par heure en kilomètres que nous pouvons appeler aussi la *vitesse moyenne commerciale*,



car elle ne tient pas compte des arrêts dus aux incidents de la route (passages à niveau, encombrements, etc.).

Les véhicules ont, en général, une régularité de marche parfaite. La vitesse moyenne de chaque étape ne varie presque toujours que par suite des difficultés variables elles-mêmes du profil de la route, et les graphiques établis d'après les données de ces tableaux et reproduits ci-après pour tous les véhicules ayant accompli la totalité du parcours dans les conditions prévues par le règlement en sont la preuve parlante.

Voitures N[os] 23 30 4 6

Itinéraire B Étapes

Paris

53K.5

Mantes

79K

Rouen

88K

Le Hâvre

105K.6

Dieppe

98K.9

Amiens

73K.7

Compiègne

95K.5

Paris

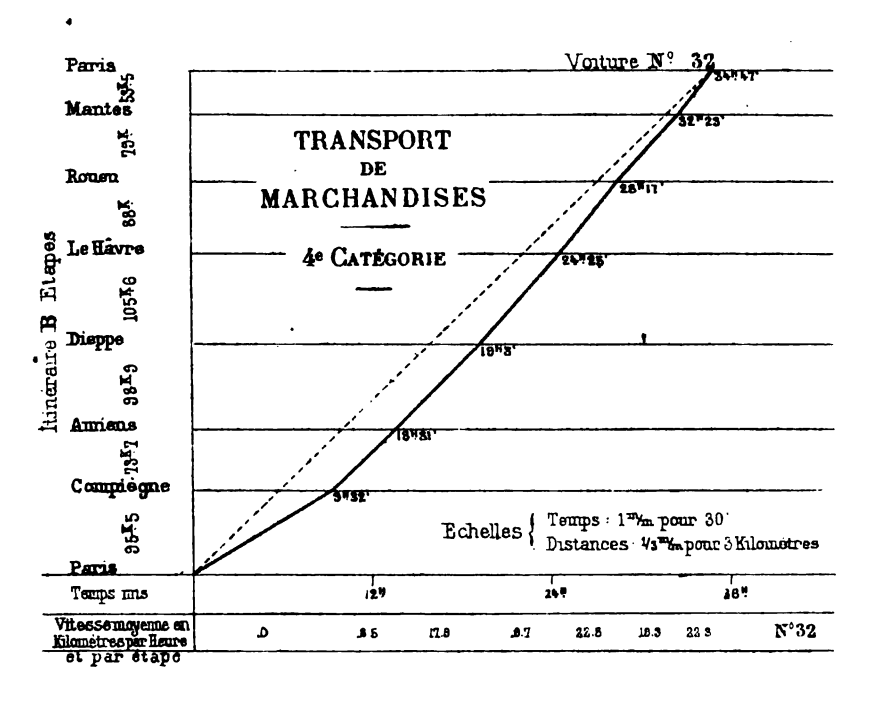
TRANSPORT DE MARCHANDISES

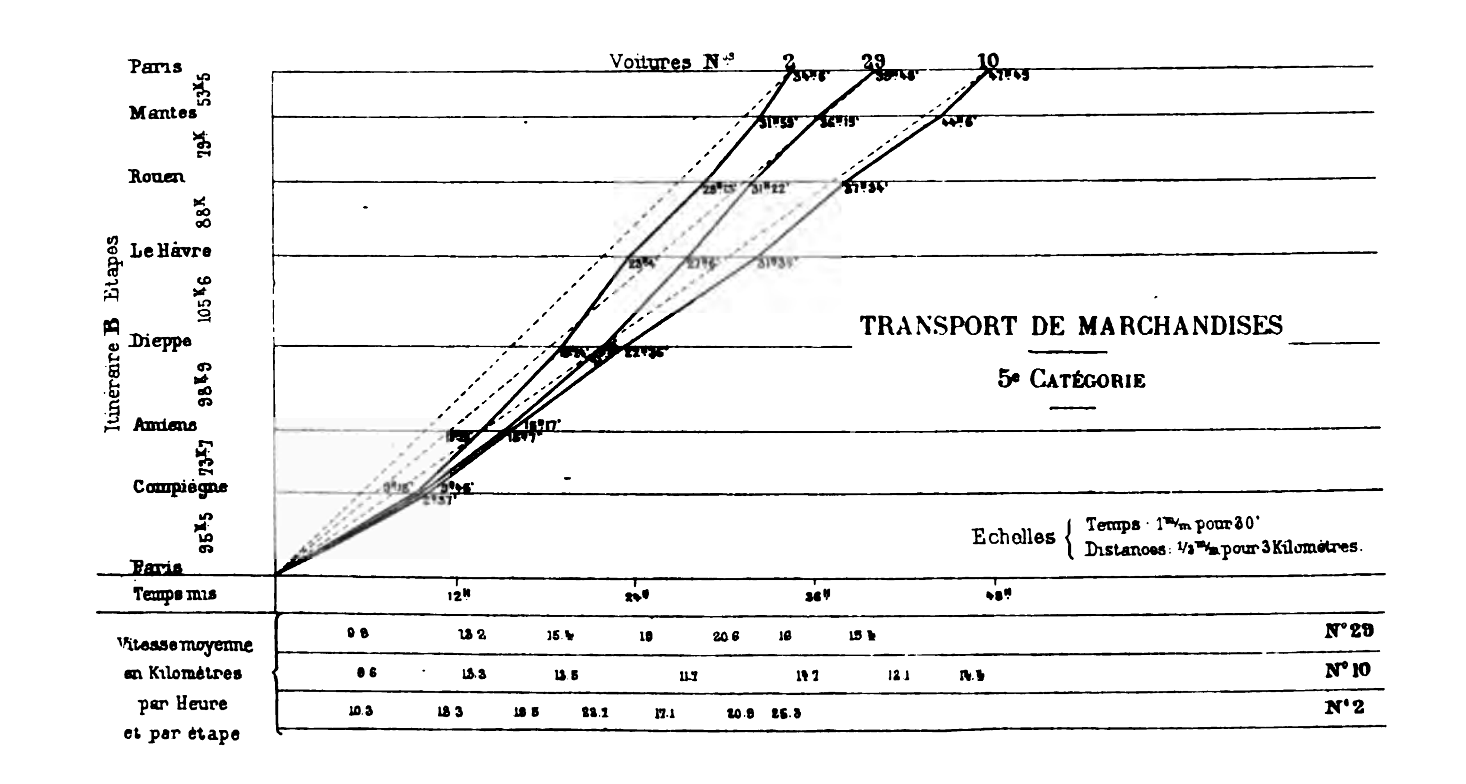
3e Catégorie

Echelles { Temps : 1m/m pour 30'
Distances . 1/3m/m pour 3 Kilomètres

Temps mis — 12h — 24h

Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape								
	11.6	21.7	28	29.2	28.4	26	34.2	N° 30
	11.1	21	21.2	19.8	26.5	21.5	24.5	N° 4
	10.3	18.1	20.2	19.4	20.1	21.7	25.5	N° 6
	11.5	38.8	31.6	26.2	34.5	29.4	37.8	N° 23





TRANSPORT DE MARCHANDISES
5e Catégorie
Echelles { Temps : 1m/m pour 30'
Distances : 1/3 m/m pour 3 Kilomètres.
Voitures Nos 2 29 10
Itinéraire B Etapes
Paris
53K5
Mantes
79K
Rouen
88K
Le Hâvre
105K6
Dieppe
98K9
Amiens
73K7
Compiègne
95K5
Paris
Temps mis
12H
24H
36H
48H
Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape
N° 29
9 8 13 2 15.4 19 20 6 16 15 4
N° 10
8 6 13.3 13 5 11.7 19 7 12.1 14.5
N° 2
10.3 18 3 19 5 23.1 17.1 20.9 26.3

TRANSPORT DE MARCHANDISES

6e Catégorie

Echelles { Temps : 1 m/m pour 30'
Distances : 1/3 m/m pour 3 Kilomètres

Voitures N°s 26, 28, 12, 8, 11, 14, 25, 19, 17, 16

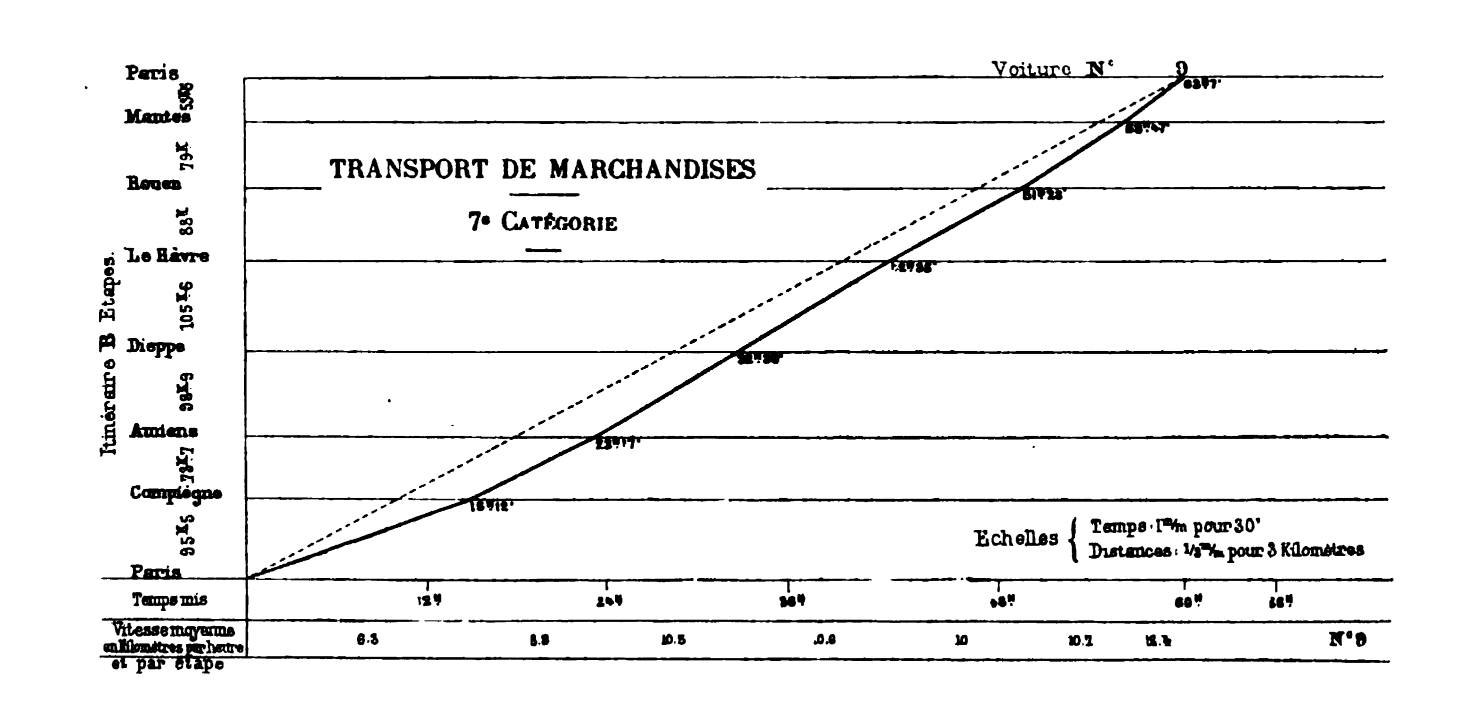
Itinéraire B — Étapes : Paris, 53k5, Mantes, 79k, Rouen, 88k, Le Hâvre, 105k6, Dieppe, 98k9, Amiens, 73k7, Compiègne, 95k5, Paris

non contrôlé

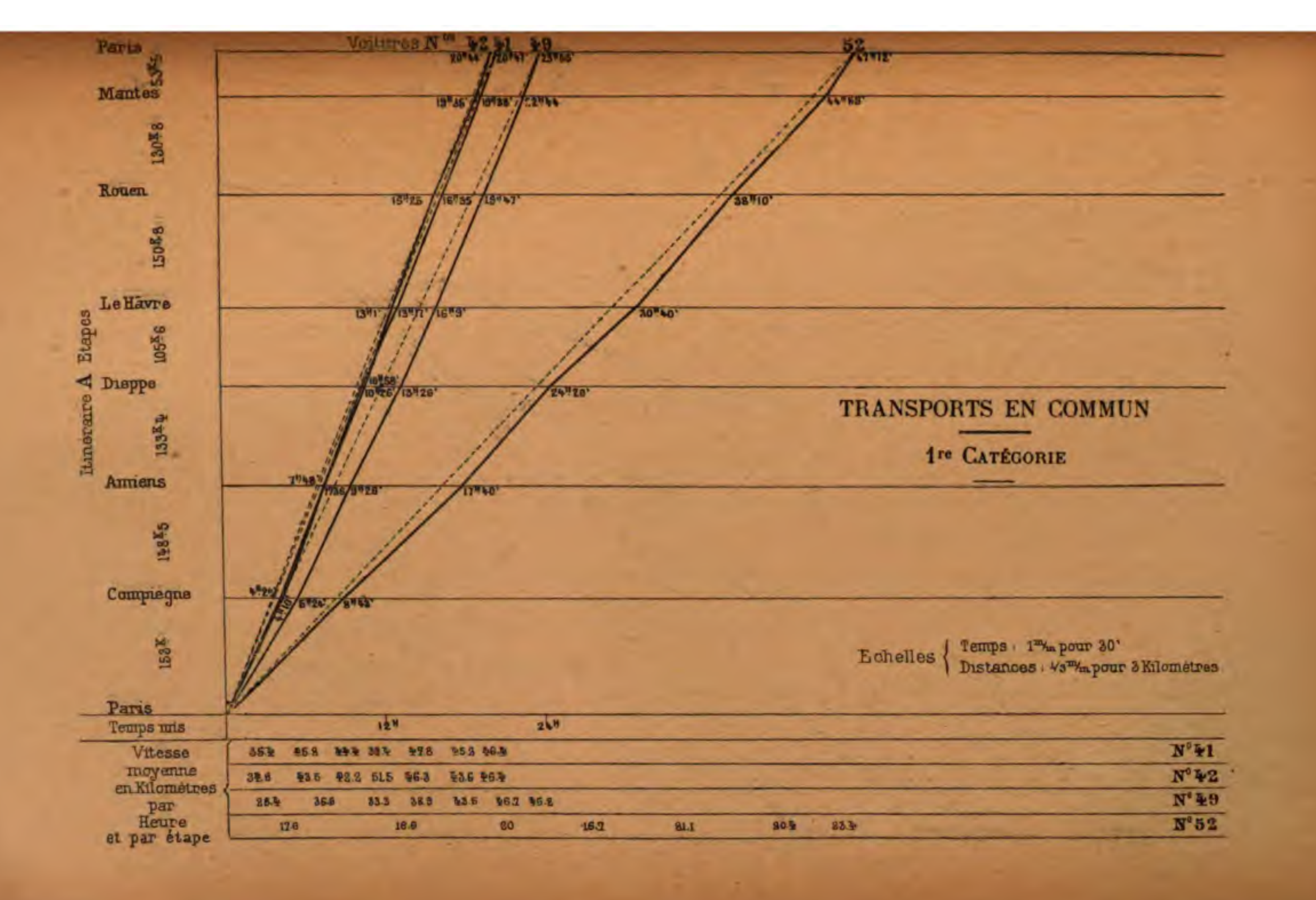
Temps mis : 12h, 24h, 36h, 48h, 60h, 66h

Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape

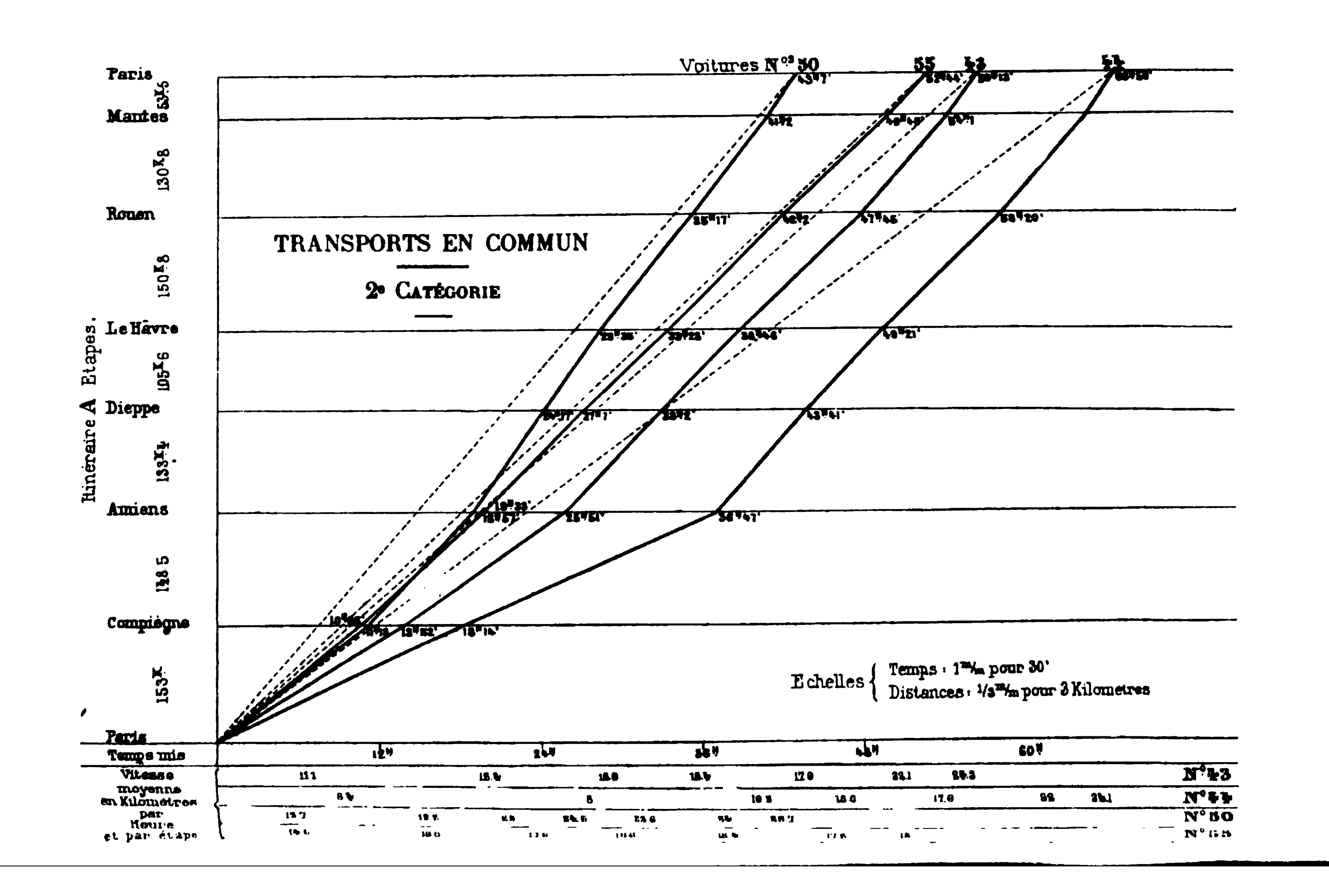
Voiture								
N° 8	8.5	12.8	15.3	15.3	14.8	13.3	16.4	
N° 11	8.8	12.4	12.9	14.2	13.7	10	14.7	
N° 12	8.5	13	12.3	13.5	13.8	17.5	19	
N° 14	7.5	10.4	13.1	12.3	13.5	12.1	13.3	
N° 16	6.8	8.1	11.5	11.3	10.1	7.7		
N° 17	7.9	8.4	9.8	11.7	10	8.1	12.6	
N° 19	8.4	8.7	12.1	12.3	9.6	8.7	8.7	
N° 25	7.6	10.8	12.5	13.4	10.8	11.0	14.6	
N° 26	16.5	16.2	21.7	19.5	20.8	18.1	20	
N° 28	8.1	11.3	13	15.5	18.4	12.6		



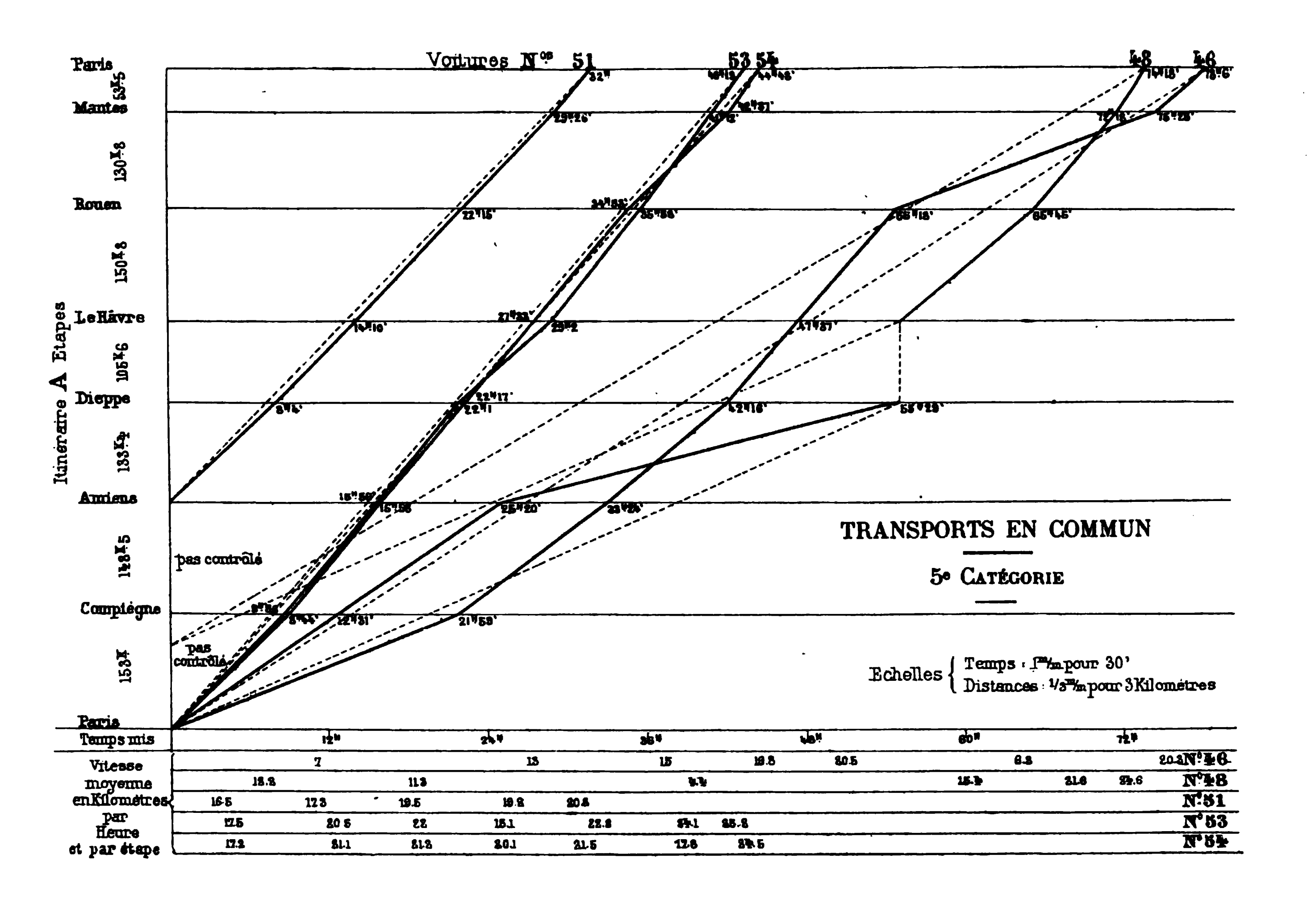
TRANSPORT DE MARCHANDISES
7e Catégorie
Voiture N° 9
Itinéraire B Etapes.
Paris
Mantes
79K
Rouen
88K
Le Hâvre
105K6
Dieppe
98K9
Amiens
73K7
Compiègne
95K5
Paris
Temps mis
12h
24h
36h
48h
Vitesse moyenne en Kilomètres par heure et par étape
6.3
8.8
10.5
10
10.7
Echelles { Temps 1m/m pour 30'
Distances : 1/2m/m pour 3 Kilomètres



TRANSPORTS EN COMMUN
1re Catégorie
Voitures Nos 42 41 49 52
Itinéraire A Étapes
Paris
Mantes
130k8
Rouen
150k8
Le Hâvre
105k6
Dieppe
133k4
Amiens
148k5
Compiègne
153k
Paris
Temps mis
12H
24H
Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape
N° 41
N° 42
N° 49
N° 52
Échelles
Temps : 1m/m pour 30'
Distances : 1/3m/m pour 3 Kilomètres



TRANSPORTS EN COMMUN
2e Catégorie
Voitures N°s 50 55 42 43
Itinéraire A Etapes.
Paris
Mantes
Rouen
Le Hâvre
Dieppe
Amiens
Compiègne
Paris
Temps mis
12h
24h
36h
48h
60h
Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape
N° 43
N° 44
N° 50
Echelles { Temps : 1m/m pour 30'
Distances : 1/3m/m pour 3 Kilometres



TRANSPORTS EN COMMUN
5e Catégorie
Echelles { Temps : 1mm pour 30' / Distances : 1/3mm pour 3 Kilomètres
Voitures Nos 51 53 54 48 46
Itinéraire A Etapes
Paris
53K5
Mantes
130K8
Rouen
150K8
Le Hâvre
105K6
Dieppe
133K4
Amiens
148K5
Compiègne
153K
Paris
pas contrôlé
pas contrôlé
Temps mis
12h
24h
36h
48h
60h
72h
Vitesse moyenne en Kilomètres par Heure et par étape
N° 46
N° 48
N° 51
N° 53
N° 54

Essais de consommation.

Au cours de l'épreuve des véhicules industriels, on procéda à des essais de consommation pendant des étapes déterminées. pour toutes les catégories.

On veilla à ce que tous les véhicules d'une même catégorie participent à ces essais au cours de la même étape, de telle façon que les conditions soient les mêmes aussi bien au point de vue de l'état de la route et de la nature de son profil en long qu'au point de vue de l'état atmosphérique.

Il nous a paru indispensable, avant de donner les résultats de ces essais, de montrer ceux d'essais antérieurs constatés officiellement.

Nous donnons donc, dans l'ordre chronologique, les tableaux résumés tirés de rapports publiés après les épreuves que nous citons et qui sont, dans l'ordre où ils se trouvent ci-dessous, un résumé de l'histoire de l'industrie automobile, au point de vue de la consommation.

Nous ne donnons, bien entendu, que ce qui intéresse les transports en commun et les véhicules industriels.

C'est tout d'abord le premier concours de Versailles dit « Concours de Poids lourds » en 1897. Il fut présidé par M. G. Forestier, qui consacra les dernières années de sa vie à l'étude des nombreux problèmes de l'industrie automobile et s'intéressa tout particulièrement aux épreuves de consommation qu'il dirigea avec une compétence hautement appréciée.

Puis le deuxième Concours de Poids lourds en 1898.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats de ces concours:

I. — Voyageurs.

CONSOMMATION PAR TONNE KILOMÉTRIQUE.

	VÉHICULES		PRIX	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE	CHARGE UTILE	POIDS MORT	POIDS TOTAL	POIDS TOTAL par cheval	POIDS adhérent en pleine charge	RAPPORT du poids adhérent au poids total	COMBUSTIBLE par tonne kilom. TOTALE	COMBUSTIBLE par tonne kilom. UTILE	EAU / COKE
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			f	ch	km	kg	kg	kg	kg	kg		Coke kg	Coke kg	
1° Vapeur.	Omnibus de Dion	1897	22 000	25	14 à 14,5	1 120	5 040	6 160	235	4 200	0,68	0,31	1,73	6,2
		1898	22 000	30	14,46	2 000	6 380	8 380	276	5 200	0,51	0,324	1,33	4,87
	Pauline de Dion	1897	22 000	30	13,81	2 400	6 200	8 600	283	6 260	0,73	0,34	1,20	4,98
		1898	26 500	35	10 à 10,8	2 500	7 410	9 910	274	6 051	0,64	0,37	1,42	5,5
												Huiles lourdes l	*Huiles lourdes* l	
	Omnibus Serpollet	1898	18 000	15	12,34	1 350	5 500	6 850	442	4 450	0,65	0,245	1,207	13 (essai)
												Essences de commerce l	*Essences de commerce* l	
	Break Leyland	1898	10 000	6	9,5	750	1 950	2 700	270	1 565	0,60	0,60	1,080	11 (essai)
2° Mélange tonnant.	Omnibus Panhard	1897	18 000	12	10 à 15	1 000	2 400	3 400	273	2 300	0,68	0,147	0,490	5
	Livraison Panhard	1898	12 000	8	14,2	1 000	2 250	3 250	406	2 050	0,66	0,109	0,355	Insignifiant.
	Break Dietrich	1898	12 000	9	11,5	1 000	2 050	3 050	339	2 020	0,66	0,136	0,420	Id.
	Omnibus Roser	1898	18 000	9,5 (Compound)	9,54	950	2 700	3 650	400	1 930	0,53	0,078	0,296	Id.
3° Moteur électrique.	Livraisons Électromobiles	1898	13 000	3,5	10,014	750	2 070	2 820	814	1 800	0,63	watts-heure 149	watts-heure 560	—
	Livraison Kriéger	1898	15 000	8	10.2	500	1 530	2 030	253	1 015	0,50	111	451	—

II. — Marchandises.

Consommation par tonne kilométrique.

Véhicules			Prix	Puissance du moteur	Vitesse commerciale	Charge utile	Poids mort	Poids total	Poids total par cheval	Poids adhérent en pleine charge	Rapport du poids adhérent au poids total	Combustible par tonne kilom. Totale	Combustible par tonne kilom. Utile	Eau / Coke
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			f	ch	km	kg	kg	kg	kg	kg		Coke kg	Coke kg	
1° Vapeur.	Camion de Dion.	1898	10 000	30	11,1	3 300	5 540	8 840	291	5 340	0,60	0,423	1,122	4,5
	Train Scotte	1897	24 000	16	6,5 à 7	4 200	7 530	11 730	716	5 730	0,48	0,530	1,430	3,5
												Essence l	Essence l	
2° Mélange tonnant.	Camion Diétrich.	1897	6 000	6,5	8 à 9	1 200	1 300	2 500	377	1 800	0,72	0,115	0,235	»
		1898	10 000	9	10,8	1 500	1 870	3 370	374	2 405	0,71	0,164	0,370	»

Ces tableaux figurent dans le rapport qui fut fait en 1898 à la Société des Ingénieurs Civils sur les résultats des deux concours.

En 1899, a lieu un Concours de voitures de place, dans lequel sont admises, avec une charge minima de 500 kg, les voitures de livraison faisant un service urbain.

En 1900, pendant l'Exposition, il y a également un Concours, dans lequel figurent des voitures de ville, des voitures de tourisme, des voitures de livraison, et enfin des poids lourds.

Les tableaux ci-dessous, tirés du rapport qui fut fait après l'Exposition, donnent de nouveaux chiffres, dont quelques-uns sont déjà comparés à ceux obtenus au cours des épreuves que nous citons plus haut :

Transports en commun.

Concours de 1900.

NOMS	ANNÉES	POIDS		PUISSANCE du MOTEUR	VITESSES moyennes A L'HEURE	
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste
		kg	kg	ch	km	km
Anciens établissements Panhard et Levassor	1900	4 620	1 600	12	11,220	»
	1900	4 310	1 260	12	19,500	27,100
	1899	4 260	1 200	12	14,750	»
	1898	3 250	1 000	8	14,500	»
	1897	3 400	1 000	12	10 à 15	»

Omnibus construit pour le service de seize voyageurs avec bagages.
Le même omnibus participa au Concours de 1899, à Versailles, et au Concours de Poids lourds de 1900.

NOMS	ANNÉES	CONSOMMATIONS MOYENNES				OBSERVATIONS
		par VOITURE-KILOMÈTRE		par TONNE-KILOMÈTRE		
		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
		l	l	l	l	
Anciens établissements Panhard et Levassor. . . .	1900	0,456	»	0,099	»	En 1898, sur le châssis Panhard, il y avait la caisse d'une voiture de livraison de banlieue, type Louvre.
	1900	0,344	0,338	0,080	0,078	
	1899	0,464	»	0,109	»	
	1898	0,354	»	0,109	»	
	1897	0,499	»	0,147	»	

Services de messageries.

NOMS	POIDS		PUISSANCE du MOTEUR	VITESSES moyennes A L'HEURE	
	TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste
	kg	kg	ch	km	km
De Dion et Bouton	820	265	3,5	12,780	34,900
Peugeot	985	300	4 »	14,500	27,480
Gillet et Forest	990	300	3 »	13,520	33,200
Fernandez	380	100	3,5	15,470	25,440
Corre	780	300	3 »	14,710	38,000

NOMS	CONSOMMATIONS MOYENNES				
	par VOITURE-KILOMÈTRE		par TONNE-KILOMÈTRE		par 100 kg utiles
	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
	l	l	l	l	
De Dion et Bouton	0,113	0,100	0,164	0,145	0,0842
Peugeot	0,136	0,096	0,162	0,115	0,096
Gillet et Forest	0,142	0,103	0,160	0,116	0,091
Fernandez	0,065	0,0465	0,120	0,087	0,123
Corre	0,137	0,070	0,217	0,110	0,198

Transports de marchandises.

Poids légers.

Essence.

(Itinéraires journaliers dans Paris, 56 km ; piste, 22,500 km.)

NOMS	POIDS		RAPPORT	PUISSANCE DU MOTEUR	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE	VITESSES moyennes A L'HEURE	
	TOTAL	UTILE					Itinéraire	Piste
	kg	kg		ch			km	km
Brouhot	2 400	1 000	»	8 »	Pompe	Électricité	14,300	25,920
De Diétrich	2 700	1 350	0,50	9,5	Vaporisation	Tubes incandescents	16,800	25,920

NOMS	CONSOMMATIONS MOYENNES					
	par VOITURE-KILOMÈTRE		par TONNE-KILOMÈTRE brûlé		par TONNE-KILOMÈTRE utile	
	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
	l	l	l	l	l	l
Brouhot	0,263	0,156	0,109	0,065	0,263	0,156
De Diétrich	0,270	0,288	0,100	0,106	0,200	0,212

Poids lourds.

Marchandises.

NOMS		POIDS TOTAL	POIDS UTILE	RAPPORT	PUISSANCE DU MOTEUR	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE	VITESSES moyennes A L'HEURE Itinéraire	VITESSES moyennes A L'HEURE Piste
		kg	kg		ch			km	km
Peugeot		3 080	1 500	»	8 »	Pompe	Tubes	13,260	15,330
Panhard		4 470	2 030	»	8 »	—	—	11,500	»
De Diétrich	1900	3 410	2 500	»	9,5	Vaporisation	—	12,200	16,740
	1899	4 084	2 300	»	9,5	—	—	10,680	»
	1898	3 370	1 500	»	9,5	—	—	10,800	»
	1897	2 500	1 200	»	6,5	—	—	8,500	»

NOMS		CONSOMMATIONS MOYENNES par VOITURE-KILOMÈTRE Itinéraire	par VOITURE-KILOMÈTRE Piste	par TONNE-KILOMÈTRE Itinéraire	par TONNE-KILOMÈTRE Piste
		l	l	l	l
Peugeot		0,291	0,258	0,116	0,107
Panhard		0,467	»	0,103	»
De Diétrich	1900	0,475	0,376	0,106	0,093
	1899	»	»	0,110	»
	1898	»	»	0,164	»
	1897	»	»	0,115	»

En 1901, il n'y eut pas de Concours.

En 1902 et 1903, il y eut des Concours de services de ville et de livraisons; un rapport fut publié en 1902, et de ce dernier nous donnons quelques résultats.

DATES	NUMÉRO	POIDS TOTAL	POIDS UTILE	HEURE DE DÉPART	HEURE D'ARRIVÉE	DURÉE TOTALE	LONGUEUR DES ARRÊTS A DÉDUIRE	DURÉE EFFECTIVE	LETTRE DE L'ITINÉRAIRE	DISTANCE PARCOURUE	VITESSE MOYENNE COMMERCIALE	CONSOMMATIONS TOTALE	CONSOMMATIONS PAR VOITURE KILOMÈTRE	CONSOMMATIONS PAR TONNE KILOMÉTRIQUE BRUTE	CONSOMMATIONS PAR TONNE KILOMÉTRIQUE UTILE
		kg	kg	heures	heures	heures	heures	heures		km	km à l'h.	l	l	l	l
Transports en commun.															
Omnibus Gillet-Forest (1902).															
20 novembre	8	1 496	»	9 10	2 25	5 15	1 49	3 26	A	59,027	17,200	14,300	0,242	0,162	»
21 —	—	1 520	»	9 7	2 5	4 51	2 5	3 53	B	60,050	20,800	9,840	0,164	0,108	»
22 —	—	1 540	»	8 48	4 45	7 57	1 30	6 27	C	59,680	9,260	7,880	0,132	0,0857	»
24 —	—	1 608	»	9 »	2 46	5 46	1 55	3 51	A	59,027	15,300	10.610	0,180	0,112	»
25 —	—	1 634	455	8 39	2 46	6 7	1 38	4 29	B	60,050	13,400	9,100	0,1515	0,0926	0.333
26 —	—	1 483	»	8 52	3 13	6 21	2 »	4 21	C	59,680	13,730	9,450	0,158	0,1063	»
Transports de marchandises.															
Livraison de banlieue de Dion-Bouton (1902).															
20 novembre	10	2 872	»	9 20	3 35	6 15	1 »	5 15	A	60,609	11,400	18,840	0,312	0,109	»
21 —	—	2 635	»	8 51	5 18	8 27	2 5	6 22	B	52,463	8,240	17,200	0,328	0,1249	»
22 —	—	2 635	»	9 27	5 34	8 9	1 51	7 19	C	65,166	8,900	25,900	0,397	0,151	»
24 —	—	2 635	»	9 37	6 37	9 »	» 15	8 45	A	60,609	6,920	14,710	0,243	0,922	»
25 —	—	2 354	1 090	9 50	5 30	7 40	1 35	1 5	B	52,463	8,610	13,550	0,239	0,1013	0,237
26 —	—	2 531	»	8 40	4 48	8 3	1 37	6 31	C	65,160	9,870	12,500	0,192	0,732	»
Livraison de banlieue Peugeot (1902).															
20 novembre	2	2 800	»	9 »	3 10	6 10	0 49	5 11	A	60,609	14,560	21,000	0,356	0,127	»
21 —	—	2 800	[illegible]	8 34	11 45	3 31	»	3 31	B	52,463	13,640	14,280	0,272	0,097	»
[illegible]	[illegible]	2 800	[illegible]	8 45	[illegible]	[illegible]	1 20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

20 novembre															
21 —	—	2 780	»	9 15	7 30	10 15	1 30	8 45	B	47,050	4,770	12,600	0,268	0,0964	»
22 —	—	2 780	»	9 35	3 2	5 27	1 30	3 57	C	40,126	10,150	9,600	0,239	0,0862	»
24 —	—	2 780	»	9 40	4 34	6 54	2 5	4 40	A	47,900	9,950	11,760	0,245	0,0883	»
25 —	—	2 780	1 523	9 10	2 46	5 36	» »	5 36	B	47,050	8,390	9,380	0,1995	0,0718	0,131
26 —	—	2 810	»	8 53	2 26	5 33	1 30	4 3	C	40,126	9,880	9,160	0,229	0,0814	»
Camion Gillet-Forest (1902).															
20 novembre	4	4 150	»	9 2	4 38	7 36	1 31	6 5	A	47,900	7,870	25,650	0,536	0,129	»
21 —	—	4 150	»	8 53	4 30	7 35	1 30	6 5	B	41,700	6,850	17,790	0,427	0,1028	»
22 —	—	4 150	»	9 8	4 30	7 22	1 45	5 37	C	40,126	7,140	21,100	0,526	0,1288	»
24 —	—	4 360	»	8 55	5 35	8 40	1 27	7 13	A	47,900	6,640	21,560	0,450	0,103	»
25 —	—	4 360	3 000	8 54	5 58	9 4	» »	9 4	B	41,700	4,600	22,100	0,520	0,1245	0,1703
26 —	—	4 360	»	10 31	5 22	6 51	1 30	5 41	C	40,126	7,050	15,250	0,380	5,0874	»
Camion Peugeot (1902).															
20 novembre	3	4 430	»	9 5	2 30	5 25	1 37	3 58	A	47,900	12,090	16,320	0,341	0,0769	»
21 —	—	4 490	»	9 32	2 19	4 46	1 »	3 46	B	41,700	11,060	15 »	0,360	0,0802	»
22 —	—	4 365	»	8 50	12 4	3 14	» »	3 14	C	40,126	12,400	12,540	0,313	0,0718	»
24 —	—	4 330	»	8 56	12 45	3 49	» »	3 49	A	47.900	12,550	13,600	0,284	0,0655	»
25 —	—	4 490	2 500	9 »	12 40	3 40	» »	3 40	B	41,700	11,350	13,420	0,322	0,071606	0,1285
26 —	—	4 490	»	8 57	12 22	3 25	» »	3 25	C	40,126	11,730	11,990	0,209	0,0665	»

En 1904, il n'y eut pas de Concours, et enfin, en 1905, prend place la grande épreuve de Véhicules Industriels, qui fait l'objet de ce rapport.

Nous donnons ci-dessous les chiffres de consommation qui furent relevés, et les résultats des calculs de consommation à la voiture-kilomètre, à la tonne kilométrique totale, et à la tonne kilométrique utile, pour tous les véhicules dont les constructeurs consentirent à ces épreuves spéciales, qui étaient facultatives.

NUMÉROS des VÉHICULES	CONSTRUCTEURS	PESAGE (Poids en kilogrammes)							CHARGE	CONSOMMATION EN LITRES					PARCOURS pendant lequel la consommation a été relevée et OBSERVATIONS
		A PARIS-DÉPART TUILERIES		A DIEPPE	AU HAVRE GRAVILLE	A ROUEN	A PARIS-RETOUR								
		TOTAL	A VIDE	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	A VIDE avec conducteur en ordre de marche	UTILE	ESSENCE	ALCOOL CARBURÉ 50 0/0	A LA TONNE KILOMÈTRE TOTALE	A LA TONNE KILOMÈTRE UTILE	A LA VOITURE KILOMÈTRE	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	litres	litres	litres	litres	litres	
	Transports de marchandises.														
	PREMIÈRE CATÉGORIE.														
20	**Contal**	318	248	330	345	345	»	255	»	»	»	»	»	»	Dieppe-Graville. (N'a pas été contrôlé, les plombs ayant été enlevés et replacés.
21	—	323	253	346	330	331	»	257	»	»	»	»	»	»	
22	—	310	245	324	330	316	»	253	»	»	»	»	»	»	
	DEUXIÈME CATÉGORIE.														
3	**de Dion-Bouton**	1 070	890	1 100	1 210	1 110	»	911	299	10,850	»	0,088	0,353	0,106	Dieppe-Graville . . . 102,2 km
27	**E. Viguié**	1 517	1 183	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
33	**Automote**	1 634	1 373	1 670	1 725	1 692	»	1 216	509	15,000	»	0,085	0,287	0,147	
	TROISIÈME CATÉGORIE.														
4	**Gillet-Forest**	1 756	1 156	1 760	1 761	1 662	»	1 174	587	21,650	»	0,120	0,360	0,212	Dieppe-Graville . . . 102,2 km
6	**de Dion-Bouton**	2 520	1 050	2 430	2 534	2 340	2 500	1 643	891	20,180	»	0,078	0,222	0,197	
23	**Automobiles Ariès**	1 720	1 112	1 790	1 800	1 644	»	1 112	688	13,750	»	0,075	0,190	0,135	
30	**Automobiles Clément**	2 010	[illegible]	[illegible]	2 010	[illegible]		1 855	[illegible]	15,000		0,073	[illegible]	0,147	
	QUATRIÈME CATÉGORIE.														
12	**Société Delahaye**	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	

2	de Diétrich	3 550	2 052	3 910	4 040	3 950	»	2 001	2 039	26,600	»	0,064	0,128	0,260	Dieppe-Graville	102,2 km
10	Latil	3 765	2 123	3 974	»	3 885	»	1 977	1 918	22,320	»	0,065	0,131	0,254	Le Havre-Rouen	88,0 km
29	Gladiator	3 348	1 535	1 890	1 960	1 982	»	1 521	»	»	»	»	»	»	N'a pas concouru.	
	Sixième Catégorie.															
3	Kriéger	6 260	»	6 580	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Graville-Rouen (pas contr., arrivé trop tard).	
8	de Dion-Bouton	6 118	»	6 130	6 075	6 194	»	2 851	3 343	46,220	»	0,082	0,148	0,506	Graville-Le Havre-Rouen	91,4 km
11	Latil	4 398	»	4 725	4 728	4 760	»	2 251	2 515	35,000	»	0,080	0,132	0,283		
12	Turgan	5 606	»	5 620	»	5 594	»	3 200	2 394	»	»	»	»	»	N'a pas concouru.	
14	Delaugère et Clayette	5 802	»	5 780	5 830	6 042	»	2 700	3 342	61,830	»	0,112	0,202	0,676	Graville-Le Havre-Rouen	91,4 km
15	A. Cohendet et Cie	7 370	3 320	7 240	7 369	7 455	»	3195 (1)	4 260	49,050	»	0,072	0,125	0,535		
16	—	7 420	3 353	7 258	7 294	7 430	»	3 195	4 245	»	»	»	»	»	N'a pas concouru.	
17	Automobiles D. A. C.	7 620	3 400	7 500	7 540	7 672	»	3 296	4 376	75,600	»	0,108	0,180	0,825		
19	Société des Autom. Brillié	8 710	»	8 100	8 430	8 802	»	3 250	5 652	»	62,300	0,077	0,121	0,682		
24	Automobiles Ariès	4 860	»	4 380	4 410	4 478	»	»	»	25,950	»	0,064	»	0,284	Graville-Le Havre-Rouen	91,4 km
25	Camions Dufour	7 142	»	7 110	7 180	7 274	»	3 071	4 203	52,535	»	0,079	0,136	0,573		
26	Moteurs Daimler	6 454	»	6 650	6 720	6 809	»	3 378	3 431	33,930	»	0,055	0,108	0,371		
28	Cottereau et Cie	7 000 (1)	»	7 110	7 222	»	»	2 890	4 332	48,750	»	0,074	0,123	0,532		
31	Dubois	7 200 (1)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Septième Catégorie.															
9	Société N. A. G.	12 995	»	13 410	13 480	13 680	»	6 270	7 410	86,670	»	0,072	0,133	0,986	Le Havre-Rouen	88,0 km
13	Turgan	14 570	7 370	13 120	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Non contrôlé.	

(1) Déclaration du constructeur,

NUMÉROS des VÉHICULES	CONSTRUCTEURS	PESAGE (Poids en kilogrammes) A PARIS-DÉPART TUILERIES TOTAL	A PARIS-DÉPART TUILERIES A VIDE	A DIEPPE TOTAL	AU HAVRE GRAVILLE TOTAL	A ROUEN TOTAL	A PARIS-RETOUR TOTAL	A PARIS-RETOUR A VIDE avec conducteur en ordre de marche	CHARGE UTILE	CONSOMMATION EN LITRES ESSENCE	ALCOOL CARBURÉ 50 0/0	A LA TONNE KILOMÈTRE TOTALE	A LA TONNE KILOMÈTRE UTILE	A LA VOITURE KILOMÈTRE	PARCOURS pendant lequel la consommation a été relevée et OBSERVATIONS
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	litres	litres	litres	litres	litres	
	Transports en commun.														
	Première Catégorie.														
41	**de Diétrich**	2 278	1 611	2 253	2 205	2 072	»	1 647	606	38,180	»	0,127	0,472	0,286	Amiens-Dieppe . . . 133,4 km
42	—	2 369	1 581	2 092	2 100	2 040	»	1 654	438	37,500	»	0,134	0,642	0,282	
49	**Gillet-Forest**	»	1 478	2 040	2 164	2 197	»	1 404	546	49,800	»	0,182	0,681	0,372	
52	**Automobiles Peugeot**. . .	»	2 096	3 050	3 128	3 170	»	2 068	982	29,410	»	0,074	0,224	0,221	
	Deuxième Catégorie.														
43	**de Diétrich**	3 840	2 436	2 738	3 130	3 030	»	2 341	397	45,000	»	0,123	0,850	0,337	Amiens-Dieppe . . . 133,4 km
44	—	4 347	2 365	3 010	3 708	3 634	»	»	»	59,120	»	0,113	»	0,444	
47	**Gardner-Serpollet** . .	»	3 200	3 945	4 235	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Non contrôlé.
50	**de Dion-Bouton**	»	[illegible]	3 535	3 350	[illegible]		2 481	1 034	46,000	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	**Automobiles Ariès** .		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	**Cottereau et C[illegible]**		[illegible]												

		»	»	5 880	»	»	»	4 332	1 658	Alcool pur	90	»	0,112	0,401	0,514	
46	Kriéger. . . . »	»	»	»	5 735	»	»	4 332	1 403		67	»	0,114	0,465	0,655	Dieppe-Graville. . . 102,2 km
		»	»	»	»	5 913	»	4 332	1 581		97	»	0,106	0,398	0,628	Graville-Le Havre-Rouen . . 154,2 km
		»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	»	»	»	Non contrôlé de Rouen à Mantes.
48	Gardner-Serpollet	5 310	4 270	»	»	5 990	»	4 800	»	Huile lourde de houille	»	»	»	»	»	Non contr. Compiègne à Amiens.
		»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	»	»	»	— Amiens à Dieppe.
		»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	»	»	»	— Dieppe à Graville.
		»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	»	»	»	— Graville-Le Havre-Rouen.
		»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	»	»	»	— Rouen à Mantes.
51	de Dion-Bouton	»	3 538	5 030	»	5 135	»	3 618	»		»	»	»	»	»	Non contr. Compiègne à Amiens.
		»	»	5 030	»	»	»	3 618	1 412		50,320	»	0,075	0,268	0,377	Amiens-Dieppe . . . 133,4 km
		»	»	»	5 135	»	»	3 618	1 517		47,400	»	0,090	0,305	0,463	Dieppe-Graville. . . 102,2 km
		»	»	»	»	5 135	»	3 618	1 517		62,700	»	0,079	0,268	0,407	Graville-Le Havre-Rouen . . 154,2 km
		»	»	»	»	»	5 135	3 618	1 517		52,450	»	0,078	0,263	0,401	Rouen-Mantes. . . . 130,8 km
53	Mors	6 612	4 512	6 370	6 712	6 283	»	4 192	2 420		90,000	»	0,092	0,251	0,607	Compiègne-Amiens . 148,5 km
		»	»	6 370	»	»	»	4 192	2 178		81,810	»	0,124	0,363	0,790	Amiens-Dieppe . . . 133,4 km
		»	»	»	6 712	»	»	4 192	2 520		54,000	»	0,079	0,210	0,528	Dieppe-Graville. . . 102,2 km
		»	»	»	»	6 283	»	4 192	2 091		89,540	»	0,092	0,278	0,580	Graville-Le Havre-Rouen . . 154,2 km
		»	»	»	»	»	6 283	4 192	2 091		67,980	»	0,079	0,236	0,498	Rouen-Mantes. . . . 130,8 km
54	Brillié	6 212	4 112	5 600	6 060	5 990	»	4 177	2 035		»	57,000	0,062	0,188	0,333	Compiègne-Amiens . 148,5 km
		»	»	5 600	»	»	»	4 177	1 423		»	49,790	0,067	0,262	0,373	Amiens-Dieppe . . . 133,4 km
		»	»	»	6 060	»	»	4 177	1 883		»	40,460	0,070	0,214	0,395	Dieppe-Graville. . . 102,2 km
		»	»	»	»	5 990	»	4 177	1 713		»	60,430	0,065	0,228	0,390	Graville-Le Havre-Rouen . . 154,2 km
		»	»	»	»	»	5 990	4 177	1 813		»	60,700	0,077	0,256	0,463	Rouen-Mantes . . . 130,8 km

Transports de marchandises.

A l'aide des renseignements que nous donnent les tableaux qui précèdent, il nous est possible, en les rapprochant de ceux précédemment enregistrés, de tirer des conclusions intéressantes.

Dans la deuxième catégorie, qui comprenait les véhicules de transport de marchandises avec charge variant de 200 à 500 kg, les chiffres intéressants sont ceux de la consommation à la tonne kilomètre totale et à la tonne kilomètre utile.

Comparons la voiture de Dion-Bouton n° 5, qui consomma 0,088 l à la tonne kilomètre totale et 0,353 à la tonne kilomètre utile pendant le dernier Concours à la voiture, de même marque qui donna les meilleurs résultats pendant le Concours de 1900. Nous trouvons les chiffres de 0,164 l à la tonne kilomètre totale et 0,842 à la tonne kilomètre utile.

Il est bon de noter aussi que la vitesse moyenne de cette dernière voiture fut de 12,780 km en 1900 et qu'elle dépassa 27 km en 1905.

Dans la troisième catégorie, qui comprenait les véhicules de transport de marchandises avec charge variant de 500 à 1 000 kg, les mêmes données sont de 0,120 l pour la voiture n° 4 Gillet-Forest; 0,078 l pour la voiture n° 6 de Dion-Bouton; 0,075 l pour la voiture n° 23 Ariès; 0,073 l pour la voiture n° 30 Clément à la tonne kilomètre totale, et nous relevons, en 1900, le chiffre de 0,109 l pour une voiture Brouhot portant 1 000 kg de charge utile avec un poids total de 2 400 kg.

Pour les mêmes voitures, en 1905, les chiffres de consommation à la tonne utile transportée sont, dans le même ordre: 0,360 l, 0,222 l, 0,196 l et 0,224 l, alors que la voiture Brouhot de 1900, consommait 0,265 l. La vitesse moyenne, en 1905, est de 25 km à l'heure, alors qu'en 1900 elle n'atteignait pas 15 km.

Dans la quatrième catégorie, qui comprenait les véhicules de transport de marchandises avec charge variant de 1 000 à 1 500 kg la voiture Delahaye avec 880 kg de charge utile consomme 0,083 à la tonne kilomètre totale et 0,310 l à la tonne kilomètre utile, mais elle réalise une vitesse moyenne de près de 20 km par heure avec 3 280 kg de poids total.

Dans la cinquième catégorie, qui comprenait les véhicules de transport de marchandises avec charge variant de 1 500 à 2 000 kg,

nous avons obtenu les chiffres de 0,064 l et 0,065 l à la tonne kilomètre totale pour les voitures n° 2, de Diétrich, et n° 10, Latil, et les chiffres de 0,128 l et 0,131 l à la tonne kilomètre utile pour les mêmes voitures, alors que, en 1900, la voiture Peugeot, d'un poids total de 3 080 kg avec 1 500 kg de charge utile, consommait 0,116 l à la tonne kilomètre totale, et que la voiture Panhard, d'un poids total de 4 470 kg avec 2 050 kg de charge utile avait une consommation de 0,103 l toujours à la tonne kilomètre totale.

En 1902, le camion de Dion-Bouton consomma 0,0718 à la tonne kilomètre totale et 0,131 l à la tonne kilomètre utile; sa vitesse moyenne était d'environ 9,500 km par heure, alors qu'en 1905 celle de la voiture n° 2 de Diétrich fut le double.

Dans la sixième catégorie qui comprenait les véhicules portant plus de 2 000 kg, les résultats sont aussi concluants; il nous a semblé intéressant de montrer, dans un tableau, les progrès réalisés au point de vue consommation et vitesse moyenne pour la catégorie de véhicules dits « Poids lourds » munis de moteurs à explosions :

ANNÉE	MARQUE	POIDS TOTAL en kilogrammes	POIDS de la charge utile en kilogrammes	CONSOMMATION à la tonne totale kilomètre en litres	VITESSE MOYENNE en kilomètres par heure
1897	**De Diétrich.**	2 500	1 200	0,115	8,500
1898	—	3 370	1 500	0,164	10,800
1899	—	4 084	2 300	0,110	10,680
1900	—	3 410	2 500	0,106	12,200
1902	**De Dion-Bouton.**	2 780	1 523	0,0718	8,390
1902	**Peugeot.**	4 490	2 500	0,0716	11,350
1902	**Gillet-Forest.**	4 360	3 000	0,1215	4,600
1905	**De Dion-Bouton.**	6 194	3 343	0,082	14,800
1905	**Latil.**	4 760	2 515	0,080	13,700
1905	**Delaugère et Clayette.**	6 042	3 342	0,112	13,500
1905	**Cohendet et Cie.**	7 455	4 260	0,072	10,200
1905	**Automobiles D. A. C.**	7 672	4 376	0,108	10,000
1905	**Brillié.**	8 802	5 652	0,077	9,600
1905	**Ariès.**	4 478	»	0,064	11,100
1905	**Dufour.**	7 274	4 203	0,079	10,800
1905	**Daimler.**	6 809	3 431	0,055	20,800
1905	**Cottereau et Cie.**	7 222	4 332	0,074	non contrôlé.

Citons enfin, dans la septième catégorie, le train de la Société N. A. G., qui pesait 13680 kg (poids total) avec 7410 kg de charge utile et qui consomma 0,072 l à la tonne kilomètre totale avec une vitesse moyenne de 10 km à l'heure.

Transports en commun.

Pour les véhicules de transports en commun, les chiffres intéressants au point de vue exploitation sont ceux de la consommation par voiture-kilomètre.

Nous pouvons remarquer, toutefois, que, dans le Concours de 1905, les chiffres qui représentent la consommation par tonne kilomètre totale sont, en moyenne, les mêmes que ceux des véhicules industriels proprement dits.

En 1899 et en 1900, un omnibus Panhard construit pour le service de 16 voyageurs avec bagages consomma 0,344 l par voiture-kilomètre, alors qu'en 1905, dans la deuxième catégorie qui comprenait les véhicules transportant de 12 à 24 voyageurs, une voiture de Diétrich consomma 0,337 l par voiture-kilomètre, une voiture de Dion-Bouton 0,349 l, une voiture Ariès 0,255 l. L'omnibus Panhard avait une vitesse moyenne de 19,500 km par heure et en 1905 les voitures citées plus haut marchèrent à des vitesses moyennes variant, selon les étapes, de 20 à 25 km à l'heure.

Les véhicules de la troisième catégorie qui répondaient au programme imposé par la Compagnie Générale des Omnibus n'ont pas eu d'ancêtres dans les concours antérieurs, ils ont néanmoins fait preuve de qualités aussi brillantes.

Il est à remarquer que le chiffre de la consommation à la tonne kilomètre totale est toujours sensiblement le même que ceux relevés pour les autres véhicules; les chiffres de consommation à la voiture-kilomètre sont plus élevés que pour les véhicules de transport en commun des autres catégories. On peut donner, comme chiffre moyen, 0,410 l (essence) pour l'omnibus de Dion-Bouton, et 0,390 l (alcool carburé 50 0/0) pour l'omnibus Brillié.

Nous avons voulu, dans les observations qui précèdent, montrer les progrès si nets réalisés au cours des cinq dernières années. Nous nous sommes efforcés de rapprocher des résultats comparables pour que la comparaison ait une valeur réelle.

Il est certain que l'étude des tableaux qui précèdent montrera d'une façon plus nette que la rapide revision que nous venons d'en faire les bénéfices réalisés dans la consommation, la

meilleure utilisation de la puissance motrice, mais nous croyons néanmoins utile de mettre en garde le lecteur contre les graves inconvénients de la comparaison des chiffres seuls alors que l'on ignore les conditions forcément différentes dans lesquelles les épreuves ont été réalisées.

Il vaut mieux, à notre avis, enregistrer, avec une très légitime satisfaction, l'impression, qui ressort de cet ensemble de chiffres d'un progrès considérable accompli.

Le concours de véhicules industriels aura prouvé aux constructeurs que leurs efforts ont été couronnés de succès; il aura eu le très grand mérite, en faisant connaître les progrès réalisés, de les encourager à l'effort nouveau.

G. FORESTIER

SA CONTRIBUTION AU PROGRÈS DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

PAR

M. A. LOREAU (1)

Messieurs,

En 1898, lors de votre cinquantenaire, entourés des délégués français et étrangers, venus si nombreux vous transmettre de légitimes témoignages de sympathie, vous receviez la preuve du bien haut intérêt qui vous était porté par le Gouvernement.

Le samedi 11 juin, M. le Président de la République, Félix Faure, assistait à votre réunion.

Avec le général de Wendrich et M. le professeur Couriot, M. l'Inspecteur général Forestier, Président de la Commission technique de l'Automobile Club de France, fut l'un des trois orateurs choisis pour prendre la parole à cette mémorable séance.

Un concours de voitures électriques et à essence, qui avait vivement excité l'intérêt de la population parisienne, venait de se terminer.

Grâce à M. Forestier, vous avez été des premiers à connaître les importants résultats obtenus ; comme, grâce à lui aussi, notre Société a toujours été tenue au courant des phases multiples traversées par l'industrie automobile si rapidement grandissante.

La mort nous a enlevé un précieux et dévoué collaborateur.

Votre Président de 1898, se trouve, comme Président actuel de la Commission technique, appelé ce soir à rendre hommage à son prédécesseur à cette présidence. Je m'efforcerai d'être l'interprète de vos sentiments de sympathique reconnaissance.

Georges Forestier est né à Saintes le 7 septembre 1838. Entré à l'École polytechnique le dix-septième en 1857, il en sortit le neuvième en 1859 et classé le cinquième à l'École des Ponts et

(1) Séance du 1er décembre 1905.

Chaussées, il débuta comme Ingénieur, sous les ordres de son père, alors Ingénieur en chef de la Vendée.

Attaché aux travaux hydrauliques de l'arsenal de Lorient, en août 1864, il exécute l'embranchement reliant l'arsenal au chemin de fer, et, à Gâvres, de nombreux ouvrages nécessaires à la Commission d'essais de l'artillerie de marine.

En 1868, Ingénieur de l'arrondissement de Vannes, il construit, avec des matériaux de démolition, au prix de 70 000 f, la passerelle suspendue de la Roche-Bernard, travail destiné à une durée provisoire de quelques années, mais qui, pendant trente ans, assure la communication entre le Morbihan et la Loire-Inférieure. D'autre part, grâce à l'activité et à la souplesse de son esprit, il organise un laboratoire départemental agricole et y professe un cours de chimie libre.

En 1873, sur la demande de la marine, mis en service détaché, nommé Ingénieur des travaux hydrauliques à l'arsenal de Rochefort, au moyen d'arcades fondées sur pieux flottants, il arrive à construire économiquement une cale oblique au sommet d'un coude de la Charente, tout en se livrant à des essais de culture à l'eau d'égout pour servir de base à un projet d'assainissement de la ville et de l'arsenal.

Les services rendus le désignent pour une importante mission en Cochinchine et, en 1875, il étudie sur place un projet d'installation d'un bassin de radoub dans les vases de l'arsenal de Saïgon.

Rappelé en France, en 1879, il est nommé Ingénieur en chef à Poitiers, où son séjour est interrompu par un nouveau voyage en Cochinchine, comme Directeur des travaux publics de la colonie.

Sous ses ordres, furent alors exécutées les fondations du grand pont de la Poste et d'une partie des traversées métalliques de la ligne de Saïgon à Mytho.

Atteint par une dysenterie grave dont il devait se ressentir jusqu'à la fin de sa vie, il rentre en France en congé de convalescence.

Ingénieur en chef à Pau, il étudie la traversée des Pyrénées par la vallée d'Aspe, puis rappelé à Poitiers, il exécute pour le service des eaux de la ville le captage de la source de Fleury, entraînant une installation devenue classique.

Inspecteur général en 1891, Directeur du Contrôle des chemins de fer algériens, tunisiens et corses en 1893, Georges Forestier

est, en 1895, promu officier de la Légion d'honneur et choisi comme Professeur du cours de routes, à l'École des Ponts et Chaussées.

Frappé des modifications qu'ils peuvent apporter dans l'usage des voies de terre, le nouveau professeur donne à l'étude des véhicules et des moteurs une place importante dans le programme de son cours et, le premier, il consacre aux voitures automobiles une part de ses leçons.

Un ami commun, le baron Thénard, le met en rapport avec le comte de Chasseloup-Laubat, qui l'initie aux agréments comme aux difficultés de la pratique. Membre du Comité supérieur de rédaction du *Génie Civil*, Forestier fait paraître dans cette publication de nombreux travaux et, nommé Président de la Commission technique de l'A. C. F., il apporte à l'industrie automobile, objet de ses constantes préoccupations, son plus entier dévouement.

Nous sommes alors en 1897, au lendemain des courses de Paris-Rouen (1894), Paris-Bordeaux (1895), Paris-Marseille (1896), les préventions contre le nouveau mode de transport sont encore singulièrement vives.

Très prudemment, le Comité de l'A. C. F. a décidé un concours international de poids lourds, de voitures mécaniques devant transporter au minimum 1 000 kg de poids utile. Les concurrents ne doivent pas être incités à se livrer à une course, on ne les placera pas tous sur une même route, on ne les fera pas partir en même temps.

On se rappelle le succès obtenu !

Administration militaire, grandes compagnies de transport, avaient envoyé des délégués au concours; le public éprouvait le besoin de savoir si la traction mécanique sur route pouvait lui assurer un service régulier de transport de voyageurs et de marchandises... au fur et à mesure que le nombre de kilomètres effectué augmentait, le problème apparaissait comme mieux résolu.

Du 5 au 11 août, Forestier présida ce concours avec une infatigable ardeur, et le rapport publié par lui, en collaboration avec le comte de Chasseloup-Laubat, fixa, pour l'avenir, les règles de la méthode à suivre et des constatations à réunir. Mais le Comité de l'A. C. F. veut montrer la voiture automobile susceptible d'entrer, d'une manière intime, dans la vie normale. Paris doit donner la démonstration et l'exemple.

Un concours de voitures de place automobiles est décidé.

M. G. Forestier est le président de la Commission.

Il avait donné à Versailles, il donnera à Paris, pendant le concours, des preuves indiscutables de son énergie et de sa persévérance ; mais il devra, pour arrêter le programme, déployer la meilleure des diplomaties et plaider en avocat convaincu la justesse de sa cause.

En ce moment, le règlement de la Préfecture de police ne permettait au maximum que 12 km dans les rues et 20 km sur les routes *extra muros*.

Est-ce équitable, demande le Président?

Si le fiacre à l'heure fait du 10 km, à la course il atteint et dépasse 15 km.

Les cochers de voitures de maître, de voitures de grande remise, enlevant du fouet leur attelage pour profiter de tout espace disponible, atteignent sans danger du 21 km à l'heure.

Ce qu'a le droit de faire une voiture à traction animale, pourquoi l'interdire à l'auto, d'encombrement moindre, plus docile à la main de son conducteur, pouvant s'arrêter aussi brusquement, aussi graduellement que l'exigent les nécessités de la circulation ?

Autorisées à marcher à 20 km, les autos utiliseront les voies les plus larges, dût-il en résulter pour elles un allongement du parcours, car la durée en sera moindre.

Elles n'effectueront dans les rues étroites que le strict trajet nécessaire à leur arrivée à destination.

Augmentation de la capacité de circulation des rues fréquentées, diminution des chances d'obstruction, tels seront les bénéfices indiscutables de l'autorisation demandée.

Et résumant nettement son impression sur l'avenir de la voiture de place automobile, Forestier dit :

« Elle sera rapide ou elle ne sera pas. »

Comment l'administration fut-elle convertie à la thèse chaleureusement soutenue, le Président rapporteur l'a écrit lui-même :

« Pendant neuf jours, nous avons suivi les opérations du » concours, non seulement avec l'attention qu'y devait apporter » un Président de la Commission chargée de recueillir les » résultats à publier, et avec l'intérêt d'un membre de la Com» mission chargée de la rédaction du règlement, pour la France » entière, de la circulation des voitures automobiles, mais aussi » avec l'émotion de quelqu'un qui avait cru devoir prendre,

» envers la Préfecture de police, la responsabilité des accidents
» que pourrait occasionner la circulation à grande allure dans
» toutes les rues de Paris de 14 voitures automobiles. »

Nous sentons tous, Messieurs, que pour bien juger de la valeur de ce loyal aveu, il faut nous reporter de sept années en arrière — une longue étape pour la vie enfiévrée de notre industrie nouvelle.

La course de Paris-Bordeaux avait été suivie avec un intérêt passionné, mais le grand public (dont on attendait les demandes) avait été certainement plus frappé par la merveilleuse endurance de Levassor que par la perfection mécanique de la voiture qu'il avait dirigée de bout en bout sans désemparer, pendant les 48 h 48 m employées à faire 1,175 km.

L'opinion venait d'être surexcitée contre les automobiles par l'incident Hugues Le Roux ; les appréhensions mêmes injustifiées d'un public aussi nerveux que le public parisien devaient forcément peser sur les décisions de la Préfecture.

La production pendant l'année 1898 était estimée de 1,800 voitures pour la France entière, chiffre bien minime à côté de ceux qui le vont suivre :

Années :	1899	1900	1901	1902	1903	1904
Nombre de voitures :	1 900	5 000	8 200	16 500	19 500	22 000

quantités sur lesquelles un tiers environ est exporté, les deux tiers restant en France.

M. Forestier eut gain de cause.

Le concours remporta un succès indiscuté, dont l'écho parvint à plus d'un point de notre globe, grâce aux délégués étrangers venus pour assister aux cérémonies du cinquantenaire, et auxquels fut aimablement donné le plaisir de monter à belle allure, dans les voitures concurrentes, le raidillon à 14 0/0 de la rue de Magdebourg.

En 1899, concours d'accumulateurs et second concours de fiacres.

En 1900, avalanche de concours qui s'échelonnent de mai à septembre. Voitures de tourisme. — de places, — de courses, — Voiturettes, — Poids léger.

Forestier est toujours sur la brèche.

Entre temps il fonctionne comme membre du jury de la Classe 30. Préside le premier Congrès international d'automobilisme, prononce un magistral discours d'ouverture, commu-

nique deux rapports sur les moteurs à explosion et sur les efforts de traction, et publie dans le *Génie Civil* son « Essai « d'une étude didactique sur les conditions d'établissement « d'une voiture à traction mécanique sur route. »

Le titre est exact : il s'agit bien de l'enseignement de vérités importantes ou de quelque art utile à la vie.

Mais, ce titre, je le crois incomplet, car il ne dit pas la nature, et j'ajoute volontiers le charme de l'enseignement.

M. Forestier, dans son cours de route à l'École des Ponts et Chaussées (j'ai eu le plaisir d'en avoir des notes manuscrites sous les yeux), dit à ses élèves :

« Vos cours d'hier avaient pour but un succès personnel — » la constatation, aux examens, de votre intelligence et de » votre ucquit —, aussi étaient-ce des programmes presque » exclusivement intellectuels, sans aucune préoccupation, pour » ainsi dire, de la réalisation du problème posé.

« Mais les matières de l'enseignement d'aujourd'hui ne » peuvent être apprises de la même façon que les matières » scientifiques.

« Vous devez étudier les questions professionnelles de ma- » nière à être en état de donner à l'avance la solution des diffi- » cultés que rencontreront vos subordonnés souvent éloignés.

« En matière scientifique, une bonne définition peut suffire, » et à la rigueur, l'érudition peut faire défaut. En matière pra- » tique d'application, l'érudition est indispensable. »

Et plus loin il ajoute :

« La science ne s'occupe que de ce qui est vrai, laissant à » l'art le souci de ce qui peut être utile; aussi vous direz » l'Art » et non la « Science » de construire des routes. »

Quelle heureuse déclaration sur les lèvres d'un savant, car savant, nous pouvons dire que Forestier l'était par lui-même comme par les siens,

Sa digne et vaillante compagne est la fille de Charles Hermite, le géomètre illustre qui occupa la chaire d'analyse supérieure à la Faculté des Sciences de 1869 à 1897, et dont les études sur les fonctions elliptiques et abéliennes sont connues des mathématiciens du monde entier.

Forestier déclarait volontiers que ce qu'il avait dit de l'art de construire les routes s'appliquait sans réserve à l'art de construire les voitures automobiles.

Nécessité absolue d'érudition, c'est-à-dire de la connaissance

approfondie de tous les documents que l'expérience, que la pratique seules peuvent fournir et sans lesquels la théorie resterait impuissante.

Aussi dans la dédicace de son *Essai d'une Étude didactique*, s'adressant à son compatriote saintongeais, le comte Gaston de Chasseloup-Loubat, dans un hommage public de sincère gratitude, Forestier lui dit :

« ... Initié par vous, en août 1897, aux multiples problèmes
» de la traction mécanique, j'ai dû à vos amicales explications,
» prodiguées depuis sans compter, de pouvoir arriver à com-
» prendre leurs principes théoriques et à saisir la portée de
» leurs solutions pratiques. »

Revenant vers la fin de l'ouvrage sur cette indispensable union de la théorie et de la pratique, constatant, après une étude détaillée de la traction sur rails et de la traction sur route, l'incertitude qui, dans maintes circonstances, règne encore sur le choix des coefficients à appliquer, Forestier dresse dans un chapitre spécial la liste des « expériences à faire », et c'est en grande partie comme suite à ce programme que le Comité de l'Automobile Club de France décida la création de ce bien intéressant laboratoire de la rue du Bois, dans lequel se poursuivent expériences et concours et auquel Forestier, jusqu'à sa dernière heure, apporta toute sa sollicitude.

Celui auquel aujourd'hui nous rendons hommage s'est donné avec une activité, une ténacité, une initiative incessantes à l'étude et au développement de cette industrie nouvelle qui l'avait conquis tout entier et dont il avait de suite saisi toute la portée sociale.

Dans une remarquable page sur *la Transformation des moyens de transport*, de Foville a formulé des pensées que nous aimions souvent à rappeler avec Forestier :

Le mouvement peut se concevoir et se rencontrer en dehors de la vie, mais il n'y a point ici-bas de vie possible sans mouvement.

Les veines, les artères d'un peuple, ce sont ses moyens de communication Immobilisez tout cela et voilà un peuple mort.

Ce mouvement, la civilisation l'augmente et le développe incessamment.

La vie de notre nation de 36 millions d'habitants comporte une somme de mouvement de plus de 36 millions de fois égale à celle que pourrait exiger la vie d'un ancêtre de notre vieille

Gaule, aussi comment à son tour ne pas saluer dans l'automobile cet instrument de progrès qui — merveilleux talisman — sans rétrécir la terre sait y réduire toutes les distances?

Mon cher Forestier,

Les anciens habitants de votre ville de Saintes avaient la taille moyenne, et comme la barbe les cheveux bruns. Leurs épaules puissantes portaient de robustes bras.

D'un esprit original, ardent, vif et hardi et d'une grande ténacité dans leurs projets, ils joignaient la force du raisonnement à l'énergie des expressions.

Mettant leur bien suprême dans leur indépendance, ils avaient aussi ce sens, cet esprit critique, voyant en tout les endroits faibles et s'en exprimant librement.

Vous étiez bien un de leurs descendants, le portrait de vous que l'on projette *(projection de la photographie de Forestier)* maintenant en fait foi, comme votre souvenir resté intact dans toutes nos mémoires.

Bientôt un médaillon de bronze reproduira vos traits qui nous rappelleront toujours un chef vaillant, un fidèle ami.

Messieurs,

Notre Collègue, M. Lumet, qui va prendre la parole (1), fut jusqu'à la dernière heure un collaborateur fidèle de M. Forestier, je le remercie des renseignements qu'il m'a transmis et j'exprime ma reconnaissance à M. l'Inspecteur général de Préaudeau, à M. l'Ingénieur de Joly et à notre ami Bourdil pour les attachantes notices qu'ils m'ont communiquées.

(1) Voir page 746.

COMPTE RENDU DE LA VISITE
DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
A L'USINE
DE LA SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS

PAR

M. P. SCHUHLER

La Société des Ingénieurs Civils ayant été conviée par la Société d'Électricité de Paris à visiter l'usine qu'elle a fait édifier quai de Seine, à Saint-Denis, environ 350 de nos Collègues furent, le 19 décembre dernier, transportés par des tramways spéciaux jusqu'à l'usine, et y furent reçus par MM. Genis, président du Conseil d'administration, Della-Riccia, Administrateur délégué, Nicolini, Directeur.

Cette usine, actuellement (1) d'une puissance de 20000 kilowatts, a été mise tout récemment en service. Nos Collègues ont successivement visité :

1° *Les installations pour la manutention du charbon et des cendres.* — Elles se composent d'un appontement en Seine pour le déchargement simultané de deux bateaux; des appareils de broyage et de pesage du combustible et des mâchefers; d'un double transporteur pour l'emmagasinement de 80 t de charbon par heure; de 4 silos à charbon ensemble d'une capacité de 12000 t; de 2 convoyeurs de charbon et de cendres, chacun d'eux desservant une salle de chauffe.

2° *Les générateurs de vapeur.* — 20 chaudières Babcock et Wilcox de 420 m² de surface de chauffe; 20 économiseurs Green de 160 m² de surface de chauffe; 20 surchauffeurs Babcock et Wilcox de 172 m² de surface de chauffe; la capacité totale de production de l'ensemble est, par heure, de 160000 à 200000 kg de vapeur à 16 kg et 350 degrés. Le bâtiment des chaudières a 42 m sur 38 m; les générateurs y sont répartis en 2 salles de

(1) Fin 1906 l'usine aura une puissance de 60000 kilowatts.

chauffe, par rangées de 5. Les cheminées, extérieures au bâtiment, sont au nombre de 4.

3° *Le service de l'alimentation des générateurs de vapeur.* — Il est concentré dans une salle de 6 m de largeur située entre la salle des machines et la salle des chaudières. L'eau condensée, sortant des condenseurs par surface, passe par des compteurs et est reprise par deux pompes triplex à pistons plongeurs et par deux pompes centrifuges actionnées chacune par moteur électrique de 80 ch. 2 épurateurs fournissent l'eau pour compenser les pertes.

4° *La salle des machines.* — Elle a 20 m de largeur, 12 m de hauteur, et actuellement environ 90 m de longueur; elle est desservie par un pont roulant de 40 t et comprend :

a) Pour la génération du courant haute tension : 4 turbo-alternateurs Brown-Boveri-Parsons, d'une puissance normale de 5000 kilowatts tournant à 750 tours par minute, produisant du courant triphasé à 10250 volts et à la fréquence 25.

Les consommations de vapeur à 12 kg et 300 degrés garanties sont à charge normale de 6,8 kg et à demi-charge de 8,25 kg par kilowatt-heure. Chaque turbo-alternateur a 14,5 m de longeur, 4,15 m de largeur, et 3,5 m de hauteur. Une fosse de condensation commune aux 4 turbo-alternateurs et pouvant être desservie dans toutes ses parties par le pont roulant contient les 4 condenseurs à surface avec leurs pompes centrifuges de circulation commandées par moteurs électriques de 120 ch et leurs pompes à air à pistons commandées par moteurs électriques de 70 ch. Les canalisations d'amenée et d'évacuation des eaux sont construites en double et avec des sections permettant le service de l'usine complète.

b) Pour la génération du courant continu à 230 volts nécessaire à l'excitation des alternateurs et à l'éclairage à tous les moteurs des services de l'usine : un turbo-dynamo 300 kilowatts 230 volts tournant à 2 700 tours par minute; 2 groupes moteurs synchrones générateurs de 375 kilowatts transformant le courant triphasé 10 250 volts fréquence 25 en courant continu 230 volts; 1 batterie d'accumulateurs de 126 éléments d'une capacité de 1 600 ampères heure en une heure.

5° *Le tableau de distribution.* — Il est du système cellulaire et occupe un bâtiment de 7 m de largeur à 5 étages, accolé à la salle des machines. Un mur longitudinal sur lequel sont fixés les

deux jeux de barres générales et les barres de charge divisent chacun des 4 premiers étages en 2 parties; l'une située entre la salle des machines et le mur longitudinal est réservée aux câbles. interrupteurs, rhéostats, etc. des alternateurs; l'autre, située derrière le mur de séparation, aux interrupteurs, limiteurs de tension, etc., des feeders. Toutes les manœuvres se font de l'étage supérieur au moyen de manettes ou de boutons disposés sur des pupitres à côté des appareils de mesure et qui commandent soit mécaniquement soit électriquement les appareils placés aux étages inférieurs.

Le départ des feeders vers Paris se fait au moyen d'une galerie en ciment armé, pouvant contenir 48 câbles et d'environ 800 m de longueur.

A l'issue de la visite, un lunch fut offert par M. Genis, dans une des salles de chauffe; notre Président, M. Coiseau, remercia M. Genis de l'aimable réception faite aux membres de la Société des Ingénieurs Civils de France et le félicita de l'initiative qu'avait prise la Société d'Électricité de Paris en construisant cette belle usine.

CHRONIQUES

N°s 311 et 312.

SOMMAIRE. — Le chauffage mécanique des chaudières. — Les turbines à vapeur dans la navigation transatlantique. — Coussinets à roulement. — Pont sur le Saint-Laurent. — Le port de Hambourg. — L'industrie du fer en Italie. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Installation pour la destruction des immondices. — La densité du téléphone. — Locomotive électrique à accumulateurs. — Des puits qui soufflent et aspirent.

Le chauffage mécanique des chaudières. — Nous reproduisons ci-après une communication faite par M. A. W. Bennis, à la Keighley Association of Engineers sur la question du chauffage mécanique des chaudières, c'est-à-dire la substitution aux chauffeurs d'appareils pour charger le charbon sur les grilles.

La meilleure réponse à faire à la question si souvent posée : le chauffage mécanique est-il avantageux ? est la constatation qu'à l'heure actuelle les chaudières chauffées mécaniquement représentent une puissance collective de plusieurs millions de chevaux. Des essais très sérieux, faits par les constructeurs de semblables appareils et par les industriels qui les emploient, ont démontré, d'ailleurs, que le chauffage mécanique est, au point de vue économique particulièrement, très supérieur au chauffage à la main.

On sait que dans le chauffage des générateurs l'influence personnelle du chauffeur est énorme, le résultat peut, suivant la capacité de l'ouvrier, donner des différences qu'il est très modéré d'évaluer à 15 0/0.

Pour permettre d'apprécier l'importance de cet élément, nous nous reporterons à un essai comparatif fait chez MM. Davy frères, de Sheffield. On a employé successivement cinq chauffeurs pour la même chaudière avec même combustible et même pression. On obtint avec le meilleur chauffeur 9 kg de vapeur par kilogramme de combustible et, avec le plus mauvais 7,4 kg. La différence entre les deux vaporisations est de 22 0/0. Une des conditions principales pour obtenir une bonne production de travail est d'avoir un feu bien égal ne présentant pas de trous ; une grille propre et une ouverture de cendrier réglée de manière à laisser passer le maximum d'air juste après le chargement. En somme l'attention du chauffeur n'a à se porter que sur un petit nombre de points, mais ces points sont essentiels.

C'est le résultat des essais du genre de ceux dont nous venons de parler qui constitue l'argument le plus sérieux en faveur de l'emploi du chauffage mécanique qui, avec de bons appareils, remplace complètement le travail d'un chauffeur attentif, ces appareils étant susceptibles bien entendu, d'être réglés de manière à pouvoir se prêter aux différentes allures de marche des générateurs.

On trouve les renseignements suivants sur le coût comparatif du chauffage à bras et du chauffage par appareils mécaniques, dans un

mémoire lu devant la Society of Mechanical Electrical and Steam Engineers de l'Ohio. Lee résultats ont été relevés dans un grand établissement, dont les générateurs représentaient un total de 7 500 ch environ.

A l'origine, le chauffage se faisait entièrement à bras, sans l'emploi d'aucun appareil mécanique à l'exception de quelques wagonnets qu'on chargeait avec le combustible pris dans les wagons de chemins de fer et qu'on roulait jusqu'aux chaudières sur un plan incliné. Le coût du chauffage est donné plus bas pour les mois de mai 1900 et de mai 1901. Le premier correspond au chauffage à bras d'homme; le second à l'emploi de chauffeurs mécaniques et de transporteurs de charbon. La seule main-d'œuvre est le chargement à bras du transporteur, le coût eût été abaissé notablement par l'emploi de wagonnets à bascule pour ce chargement, mais cet emploi était, dans le cas actuel, impossible.

Voici les chiffres comparatifs :

Mai 1900. — 16 chauffeurs et un manœuvre, dont les salaires se sont élevés à 4 910 f; on a brûlé 4 292 t ce qui fait 1,150 f par tonne, plus 11 hommes pour le transport du charbon et des escarbilles ayant coûté 3 170 f, soit 0,780 f par tonne; total 1,90 f.

Mai 1901. — 3 chauffeurs et 2 manœuvres, salaires 1 440 f, tonnes brûlées 6 975, soit une dépense de 0,21 f par tonne, plus 11 hommes pour le transport du charbon et des escarbilles soit 3 275 f ou 0,47 f par tonne; total 0,68 f.

L'économie en main-d'œuvre ressort ainsi par tonne à 1,90 — 0,68 = 1,22 f par tonne, ce qui pour 7 000 t environ par mois représente une économie de 102 500 f par an.

Un élément d'une grande importance dans le choix à faire d'un système de chauffage pour une production de force motrice est le coût de la main-d'œuvre relative au service des chaudières. Une estimation qui ne s'éloigne probablement pas beaucoup de la vérité consiste à prendre le prix de 0,60 f par tonne pour le transport du charbon à bras ou par brouette à une faible distance. Un homme, doublé d'un chauffeur de nuit, peut conduire une machine et une chaudière consommant jusqu'à 10 t de charbon par semaine; mais si le charbon doit être amené d'une assez longue distance, il faut compter un supplément de main-d'œuvre.

Si la chambre de chauffe est de dimensions réduites, ou si, par suite de sa disposition, il n'est pas possible d'établir des systèmes de transport mécaniques du combustible, on peut recourir à l'emploi de petits élévateurs, soit un par chaudière, soit un pour deux chaudières.

Prenons, par exemple, le cas d'une maison possédant deux chaudières à production un peu considérable; elle aura un mécanicien à 56 f par semaine et un chauffeur à 37,50 f; total 93,50 f.

Avec un élévateur amenant le charbon à la trémie de l'appareil de chauffage mécanique, un garçon payé 20 f par semaine fera très largement le service et aura tout le temps de tenir propre la chambre de chauffe et le local de la machine sous la surveillance du mécanicien. On aura dans ce cas, un total de main-d'œuvre de 56 + 20 = 76 f, soit une économie de 17,50 f par semaine. Il est vrai qu'il faut tenir compte des dépenses d'entretien et de graissage des appareils, en les évaluant à

50 f par an, il restera une économie annuelle de 860 f, économie appréciable pour une très petite installation.

Ce genre de disposition est très employé et on pourrait en citer beaucoup d'exemples; nous nous contenterons de signaler la fabrique de chocolat de MM. Rowntree, à York, qui fait une économie annuelle de plus de 50 000 f avec une dépense de 30 000 représentée par l'installation du chauffage mécanique avec élévateurs sur cinq chaudières Lancashire.

Il est bon de répondre ici aux diverses objections présentées par des personnes plus ou moins compétentes dans la question à l'emploi du chauffage mécanique; en voici quelques-unes :

1° Il n'y a pas d'économie à employer ces appareils;

2° Le charbon de basse qualité ne peut y être employé ou du moins il y donne beaucoup de fumée;

3° Le coût d'entretien est très élevé;

4° Avec un travail variable de la machine, il faut faire intervenir la main-d'œuvre;

5° Les appareils se dérangent fréquemment;

6° Le chauffage mécanique diminue la production des chaudières.

Voici la réponse à ces objections :

1° Les bons fabricants d'appareils mécaniques de chauffage les installent avec garantie. Loin d'être nulle comme on le prétend souvent, l'économie réalisée annuellement va de 25 à 200 0/0 de la dépense d'installation;

2° Le fonctionnement des appareils est le même quelle que soit la qualité du combustible. Une des plus importantes Compagnie houillères du Pays de Galles, la Clamorgan Coal Company, a fait des essais très sérieux sur la question. On a obtenu avec le chauffage à bras 2 720 kg de vapeur par heure avec une chaudière qui, chauffée mécaniquement a donné des productions comprises entre 3 600 et 5 000 kg en brûlant toutes les espèces de charbon; on voit que la production a toujours été supérieure à celle de la chaudière chauffée à bras et que la différence obtenue avec des charbons de valeurs très éloignées ne sont pas bien considérables; il est même curieux de constater que le charbon réputé le plus avantageux n'est pas celui qui a donné la vaporisation la plus élevée;

3° Si on exerce une surveillance raisonnable, l'entretien des appareils ne dépasse pas 10 0/0 de l'économie réalisée par leur emploi. La station d'éclairage électrique de Leeds a une quarantaine d'appareils dont l'entretien coûte moins de 25 f par chaudière et par an; ceux de la station d'éclairage électrique de Keighley n'ont coûté jusqu'ici que 10 f par chaudière et par an;

4° On peut affirmer de la manière la plus catégorique que, si les appareils sont bien établis, il n'y a aucun besoin de main-d'œuvre supplémentaire en cas de travail variable. Les chaudières où la production varie le plus sont celles des teintureries, or les appareils de chauffage mécanique y sont très répandus et très appréciés;

5° On trouve ces appareils dans beaucoup de petites installations ne possédant qu'une ou deux chaudières et certes on ne les y rencontrerait pas si ces appareils étaient sujets à des dérangements continuels;

6° Il est inexact que l'emploi du chauffage mécanique réduise la production de la chaudière. Dans une série d'essais faits à Sheffield, par M. S. E. Fedden, sur des chaudières marines, les générateurs avec chauffage à bras ont donné de 4 100 à 4 500 kg de vapeur par heure et chauffées mécaniquement et avec emploi de l'air chaud dans les foyers jusqu'à 8000 kg de vapeur soit une augmentation d'au moins 80 0/0 et cela avec une qualité de combustible inférieure à celle qu'on employait pour le chauffage à bras. L'auteur croit devoir insister ici sur la nécessité d'employer des appareils de chauffage bien disposés sans trop s'arrêter au prix. Il cite l'exemple de deux systèmes dont l'un coûtait 90 0/0 de plus que l'autre, la différence de prix a été payée quatre fois dans la première année par l'économie obtenue.

La communication donne un certain nombre d'exemples d'installations du genre de celles qui nous occupent.

Ville de Coventry. — On y a installé pour l'éclairage électrique, en mai 1901, deux chaudières avec chauffage mécanique, la dépense unitaire qui était auparavant de 0,303 f tomba à 0,243 f; en 1903, après diverses améliorations, on arriva à 0,151 f et en 1904 à 0,116 f; on ajouta deux chaudières avec appareils mécaniques de chauffage, et, en 1905, on enregistrait le chiffre de 0,83 f qui constitue un record pour le monde entier dans cet ordre d'idées.

Arlesbey Portland Cement Works. — En août et septembre 1903, il a a été fait sur une chaudière Lancashire de cet établissement, des essais comparatifs; les résultats obtenus ont été : avec chauffage manuel, 6,31 kg de vapeur par kilogramme de combustible; avec chauffage mécanique, 7,09 kg. On estime l'économie réalisée à 0,70 f par 1 000 l d'eau vaporisée à 100 degrés, ce qui, pour 50 000 l par journée de huit heures en moyenne, fait 35 f.

Leeds Copper Works. — En juin 1903, on a fait des essais comparatifs sur un générateur Galloway de 2,40 m de diamètre sur 9,15 m de longueur. Avec chauffage manuel on a eu 7,37 kg de vapeur à 100 degrés par kilogramme de charbon et, avec le chauffage mécanique, 8,95 kg. Le coût de 1 000 kg de vapeur a été, dans le premier cas, de 1,20 f et, dans le second, de 0,90 f en nombre rond.

Compagnie des Forges de Butterley. — Des essais faits en janvier 1902 ont fait constater, avec chauffage manuel, une vaporisation de 4,82 kg par kilogramme de charbon et, avec le chauffage mécanique, de 6,33 kg. On a reconnu que certains charbons ne pouvaient être employés qu'avec le chauffage mécanique.

Nous croyons inutile de continuer ces citations.

L'auteur termine en rappelant les principes de la combustion du charbon. Avec le chauffage manuel, lorsque le chauffeur charge la grille, la quantité d'air restant la même, il y a forcément production d'oxyde de carbone pendant un certain temps; il en résulte une perte de calorique et, comme cette perte se reproduit à chaque chargement de la grille, la perte devient importante au bout de la journée. Au contraire, si l'arrivée d'air est réglée pour produire seulement de l'acide

carbonique lors du chargement, il en passe trop le reste du temps et une partie de la chaleur s'en va en pure perte dans la cheminée avec les gaz. Rien de tout cela ne se produit avec l'emploi des appareils mécaniques de chauffage.

Il y a un autre point qu'on perd généralement de vue.

La transmission de la chaleur varie comme le carré de la différence de température entre l'eau et le foyer; donc, toutes choses égales d'ailleurs, plus la température du foyer sera élevée, plus le générateur sera efficace. Il est donc important de marcher avec la quantité d'air rigoureusement nécessaire ou à très peu près : ce desideratum est réalisé avec les appareils mécaniques qui, en outre, distribuent l'air de la manière la plus convenable dans le foyer.

On sait que l'histoire n'est qu'une répétition perpétuelle. Il y en là un nouvel exemple. On se rappelle la controverse des machines compound et non compound. La machine à simple expansion est aujourd'hui le chauffage manuel et la machine compound le chauffage mécanique.

Le résultat final sera évidemment le même.

Les turbines à vapeur dans la navigation transatlantique *(suite et fin)*. — Nous ferons suivre les constatations qui précèdent de l'exposé des résultats obtenus en service, ce qui est beaucoup plus intéressant au point de vue de la comparaison à établir entre les deux moteurs.

Il est difficile de faire la part de l'influence du temps, de la marée, du changement de navire et des autres facteurs qui affectent les résultats en service, mais on peut obtenir cependant des moyennes satisfaisantes si on a un nombre suffisant d'observations. La méthode suivie consiste à choisir sur les livres de bord les voyages faits par les navires considérés pendant une même nuit et dans des sens opposés, en laissant de côté tous les cas où la vitesse normale n'a pas été maintenue à la mer; on a ainsi dressé le tableau suivant.

Cette méthode, consistant à mesurer l'utilisation par le rapport du carré de la vitesse en charbon brûlé, suppose que la résistance varie comme le carré de la vitesse. Si on se sert des courbes de consommation d'eau, on trouve qu'à vitesse égale il y a un avantage moyen de 9 0/0 en faveur du *Manxman* sur les deux navires à moteurs alternatifs.

On a vu plus haut que, aux essais, le *Londonderry* avait sur l'*Antrim* une supériorité de 3 0/0; cette supériorité s'est tournée en service régulier en une infériorité de 1,3, ce qui donne une différence de 4,3 0/0 pour l'*Antrim* entre les chiffres des essais et ceux du service courant. Il semble que l'avantage de la turbine est moins marqué en service qu'aux essais, cela peut tenir à l'état de la mer et à celui de la carène qui affectent davantage les moteurs à turbines, avec des hélices de diamètre relativement faible; cependant on a observé que, par mauvais temps, les turbines ont moins de tendance à s'emporter. Jusqu'à ce qu'on soit en possession de résultats avec consommations d'eau relevées avec soin, et d'une manière méthodique, il restera quelque incertitude sur la question. Il semble cependant qu'avec des turbines d'un

A MOTEURS ALTERNATIFS T TURBINES	*Antrim* A	*Londonderry* T	*Londonderry* T	*Donegal* A	*Donegal* A	*Manxman* T	*Manxman* T	*Antrim* A
Numéros des parcours.	48	48	42	42	39	39	29	29
Charbon dépensé par parcours.	35,6	35,8	36,9	36	38,7	40,2	38,6	38,6
Vitesse moyenne en nœuds. . .	19.7	19,5	19.8	19.2	19,3	20,3	20,3	19,5
$\frac{\text{Carré de la vitesse}}{\text{charbon brut}}$	10,90	10,76	10,62	10,24	9,59	10,28	10,67	9.85
Économie de combustible pour cent en faveur de.	1,30	—	3,6	—	—	6,6	8.2	—
Avantage moyen pour cent en faveur des turbines.	*Londonderry.* 2,4				*Manxman* 7,7			

rendement analogue à celles du *Manxman*, on peut évaluer à 8 à 9 0/0 le bénéfice à obtenir avec ce genre de moteurs.

L'appareil moteur du *Manxman* pèse 115 t de moins que celui de l'*Antrim*, ce qui représente 15 0/0 sur le poids total des machines et chaudières. Il est bon de faire remarquer que les machines de l'*Antrim* sont du meilleur type du genre et ont donné les résultats les plus satisfaisants comme moteurs alternatifs.

En ce qui concerne les navires de guerre, nous dirons que l'Amirauté a fait construire récemment quatre bâtiments de la même forme et des mêmes dimensions. L'un d'eux a reçu un moteur à turbines et les trois autres des moteurs alternatifs. Les coques ont 109,80 m de longueur, 12,20 m de largeur et 4,25 m de tirant d'eau, avec un déplacement de 3 000 tx. Les moteurs alternatifs développent 10 000 ch indiqués et ont donné une vitesse de 22,1 nœuds. Le navire à turbine a obtenu une vitesse de 23,6 nœuds. Les moteurs alternatifs ont dépensé par heure 97 400 kg d'eau pour la vitesse de 22,1 nœuds, tandis que les turbines ont dépensé seulement 86 000 kg d'eau pour la vitesse de 23,6 nœuds.

Une différence de 1,5 nœud, en supposant la même utilisation, représente un surcroît de puissance de 20 0/0 et la dépense d'eau devrait croître dans la même proportion; on aurait donc par heure 116 900 kg, alors qu'en réalité il n'en a été dépensé que 86 000, ce qui donne un avantage de 7 0/0 en faveur de la turbine. Nous avons ici, il est vrai, l'utilisation relative du moteur et du propulseur combinés, mais il faut se dire que si le propulseur de faible diamètre employé avec la turbine, qui est une conséquence nécessaire de celle-ci, a un mauvais rendement, celui de la turbine est d'autant plus grand; si, au contraire, il est plus efficace que l'hélice de grand diamètre, c'est un avantage à ajouter à ceux de la turbine. Il est probable que la première hypothèse est la plus exacte.

Il a été construit quatre navires de 83 m de longueur, 13,5 m de largeur, de 2 170 tx, qui font, pour la British India Company, le service entre l'Inde et le Golfe Persique; ils ont des vitesses de 18 nœuds, ce qui suppose que les turbines développent environ 6 000 ch. Un navire de 2 450 tx, qui a 91,50 m sur 13 m, appelé le *Loongana*, appartenant à l'Union Company, de la Nouvelle-Zélande, a donné, entre l'Écosse et la Nouvelle-Zélande, une vitesse de 20 nœuds, ce qui suppose une puissance de 6 000 ch; il fait un service très satisfaisant. On peut considérer ces navires comme intermédiaires entre les navires de la Manche et les grands paquebots transatlantiques.

Au rang de ces derniers, on compte d'abord le *Virginian* et le *Victorian*, de la ligne Allan. Voici les dimensions et données principales du premier :

Nom du navire	*Virginian*.
Armateurs	Allan Line Steamship Company.
Constructeurs	Alex. Stephens et fils.
Année de la construction	1905
Longueur de la coque.	158,60 m
Largeur de la coque	18,30

Creux		12,55 m
Tirant d'eau maximum		7,78
Déplacement aux essais, environ		13 000 t
Vitesse réalisée aux essais		19,5 nœuds.
Nombre de tours du propulseur		285
Moteur trois turbines	haute pression au milieu; basse pression et marche arrière de chaque côté.	
Chaudières	Nombre	9
	Diamètre	5,18 m
	Longueur	3,66 -
	Pression	12,75 kg
	Surface de chauffe totale	2 864 m²
	Surface de grille totale	67,5
Tonnage brut		10 755 t
Tonnage net		6 844
Nombre de passagers	Première classe	470
	Deuxième —	200
	Troisième —	950
Passagers supplémentaires dus à l'emploi des turbines		60
Économie réalisée sur le poids des machines		400 t

La vitesse moyenne en service sur l'Atlantique est de 17 nœuds, et la consommation de combustible est sensiblement la même que celle des machines à triple expansion de construction récente. Il n'est pas douteux que lorsqu'on aura réalisé les meilleurs arrangements de moteur, de propulseur et de coque, la turbine développera tous ses avantages, et remplacera définitivement la machine alternative pour cette classe de paquebots. On n'a pas, jusqu'ici, obtenu tout ce dont est susceptible le nouveau système, mais, si l'on ne peut encore se prononcer sur l'efficacité de la turbine sur les paquebots transatlantiques, il est possible d'affirmer déjà que l'emploi de ce moteur sur ce genre de navires est pleinement justifié par l'expérience.

La Compagnie Cunard fait en ce moment des essais des plus intéressants; elle a, comme la Compagie du Midland Railway, mis d'une part des turbines, d'autre part des machines alternatives, dans deux navires exactement semblables, le *Carmania* et le *Coronia*. Ce sont des paquebots de 206,80 m de longueur, 22 m de largeur, et 15,90 m de creux; le tirant d'eau atteint 9,75 m. Ces navires peuvent recevoir 300 passagers de première classe; 350 de seconde, 1 000 de troisième, et 1 000 d'entrepont. Les machines alternatives du *Coronia* ont développé 22 000 ch aux essais, en réalisant une vitesse de 19,5 nœuds.

Le *Carmania* a trois turbines, dont une à haute et deux à basse pression; il est bientôt prêt à faire ses essais; les turbines, faites aux ateliers des constructeurs, à Clydebank, sont les plus grandes qui aient été construites jusqu'ici, non seulement pour la marine, mais pour une application quelconque.

Les grands paquebots en construction pour la Compagnie Cunard au

ront des machines de l'énorme puissance de 65 000 ch; on connaît très peu de détails sur ce sujet. On peut dire qu'ils constituent l'expérience la plus hardie en construction navale qui ait jamais été tentée.

Aucune autre ligne transatlantique n'est encore entrée dans cette voie, bien qu'au moment où l'auteur présente sa communication (septembre 1905), la ligne Morgan, qui fait un service entre New-York et la Nouvelle-Orléans, soit dite avoir mis en construction un navire à turbines de 6 000 tx, devant donner une vitesse de 15 nœuds. L'auteur est plus que jamais persuadé que le moteur à turbine est destiné à se substituer complètement aux moteurs alternatifs sur les navires rapides et sur ceux à vitesse moyenne.

Nous sommes heureux de pouvoir compléter la note qui précède par quelques renseignements extraits des journaux anglais sur un tout récent paquebot à turbines, le *Carmania* dont il a été fait mention plus haut.

Le *Carmania* et le *Coronia*, appartenant à la Compagnie Cunard, sont deux paquebots du type intermédiaire entre le transatlantique à grande vitesse et le cargo-boat, type caractérisé par un très grand confort pour les passagers, une grande capacité pour le frêt, et une vitesse modérée, 17 à 18 nœuds; ces conditions correspondent à des dimensions trop considérables.

Les deux navires dont nous nous occupons ont été construits tous deux par la Société John Brown, à Clydebank; ils sont exactement pareils, sauf que le *Carmania* est mû par un moteur à turbines, et le *Coronia* par des machines alternatives à quadruple expansion. Les deux appareils sont établis pour donner environ 20 000 ch chacun.

Les dimensions principales des coques déjà indiquées correspondent à un déplacement de 29 000 tx et à un tonnage brut de 20 000 tx.

Le *Carmania* est mû par trois turbines agissant sur autant d'hélices. La turbine à haute pression, qui est au centre, a 2,44 m de diamètre, et les turbines à basse pression, qui sont placées latéralement, 4,27 m; la longueur est, pour toutes, de 9,15 m; les hélices, à trois ailes, ont 4,25 m de diamètre. Elles tournent à 180 tours par minute; c'est la plus faible vitesse de rotation réalisée jusqu'ici avec des turbines à vapeur. Ce nombre de tours correspond à une vitesse angulaire de 23 m par seconde pour la turbine à haute pression, et de 40,20 m pour les turbines à basse pression.

La vapeur est fournie à la pression de 13 kg, par treize chaudières cylindriques, comportant en tout soixante-trois foyers.

Le *Carmania* a fait, il y a quelques jours un essai, non officiel, entre Greenock et la mer; la vitesse réalisée a été de 20 nœuds, pour 18 en service. Le *Coronia* est en service depuis quelque temps déjà.

Coussinets à roulement. — Nous trouvons quelques renseignements sur l'intéressante question des coussinets à billes ou galets appliqués au matériel de tramways et de chemins de fer, dans une commucation faite devant la Tramways and Light Railways Association par M. Thomas W. How, communication dont nous trouvons un résumé dans l'*Electrical Engineer*.

L'auteur constate d'abord qu'après des années d'efforts persévérants,

d'essais répétés ot d'expériences variées, il est enfin possible de donner. sur la question des coussinets à roulement, des chiffres dignes de foi.

Il expose les conditions que doivent remplir des appareils de ce genre pour donner des résultats satisfaisants en pratique, avec des charges légères ou considérables ; le bon effet dépend largement du parfait parallélisme des galets (lorsqu'on emploie ceux-ci), de leur espacement. de la proportion entre les diamètres et les longueurs, et de leur dureté. Il donne des exemples de diverses dispositions de cages mobiles pour les axes des rouleaux, dont le système dit « Empire » lui parait le plus recommandable par sa simplicité et sa facilité de réglage.

On doit employer des rouleaux pleins en acier de qualité spéciale. avec les tourillons de la même pièce, et non rapportés. La plupart des échecs constatés avec certains de ces appareils sont dus à des défauts de détail. notamment à un excès de rigidité et au manque de moyens de réglage. Il est facile de remédier à ces défauts avec des arrangements convenables. L'auteur combat énergiquement l'opinion très répandue et basée sur les insuccès passés. de l'impossibilité d'appliquer les coussinets à roulement au matériel de chemins de fer et de tramways. Combien trouve-t-on d'exemples de dispositifs mécaniques qui, après des débuts très difficiles, ont fini par remporter les plus brillants succès.

M. How cite des exemples très intéressants et très concluants de l'emploi des coussinets de ce genre à des transmissions et à des appareils pour le déchargement du charbon ; puis, il passe à l'application aux véhicules de tramways et de chemins de fer. pour lesquels la réduction du frottement des fusées des essieux se traduit par une diminution dans la consommation de combustible, d'énergie électrique, etc. Des essais. faits il y a déjà plusieurs années à Birmingham et à Southport. avaient fait constater une économie de 30 à 40 0/0 sur la consommation de courant. Plus récemment, aux tramways de Wolverhampton et de Croydon, on a trouvé, pour les premiers, 15 0/0 de réduction de dépense de courant, et pour les premiers, une diminution de consommation sur le même chapitre se traduisant par une économie de près de 1 000 f par voiture et par an.

On a obtenu des résultats analogues sur les chemins de fer. Le cas le plus récent est celui du London, Brighton and South Coast Railway, qui a un train complet, muni de coussinets à roulement, en service depuis la fin de 1904. Bien qu'une partie très considérable de la consommation de combustible provienne de la locomotive, qui n'a pas été modifiée, on a constaté une réduction de dépense de combustible de 15 0/0. Si l'on prend seulement 10 0/0 pour l'économie moyenne, on obtient une réduction de 1 000 t de charbon par train et par an ; si l'on y ajoute la moindre dépense de graissage, on arrive à une économie de 2 500 f par an pour les dépenses de traction, en comparaison avec les boites à huile ordinaires.

La note donne des chiffres obtenus à l'Indian State Railway, d'après lesquels on a réalisé, par l'emploi des coussinets à roulement, une économie de 9 à 12 0/0 sur le combustible. En prenant 10 0/0 comme moyenne, et en comptant le charbon à 12,50 f la tonne, on trouve une économie annuelle de 1 700 f en nombre rond pour un train de six voi-

tures. Il semble donc actuellement suffisamment démontré par l'expérience que des coussinets à roulement, construits d'une manière rationnelle, donnent de bons résultats pour les essieux de tramways et de chemins de fer, aussi bien que pour toute espèce d'appareils mécaniques, et doivent être considérés comme un moyen simple et efficace de réduire les dépenses de force motrice, et de produire celle-ci au meilleur marché possible.

Pont sur le Saint-Laurent. — On construit actuellement sur le Saint-Laurent, près de Québec, un pont dont les dimensions appellent l'attention, et sur lequel il nous paraît intéressant de donner quelques détails, empruntés aux journaux américains.

Ce pont franchit le Saint-Laurent à 10 km en amont de Québec, et à 265 km en aval de Montréal ; il se trouve par conséquent à 300 km de la mer. Il n'existe pas de pont sur le fleuve entre Montréal et Québec, et on ne peut songer à en établir un au-dessous de Québec, parce que le Saint-Laurent y acquiert de suite une largeur trop considérable. Le nouveau pont sera donc le seul passage de ce cours d'eau, sur une longueur de 1 600 km, pour route ou chemin de fer.

Cette construction permettra de relier le Great Northern Railway, le Quebec and Lake Saint-John Railroad, et le Canadian Pacific Railroad, au nord du fleuve, avec le Grand Trunk Railroad, l'Intercolonial Railroad, et le Quebec Central Railroad, situés au sud et assurer également les communications par tramways, voitures, piétons, etc.

Cet ouvrage, du type cantilever, a une longueur totale de 911,90 m ; il se compose du pont proprement dit, qui a 853,45 m, et de deux travées d'approche en poutres droites à treillis, de 29,25 m de portée chacune. Le pont est constitué par deux poutres, dont chacune est portée sur une pile, et a deux bras de longueurs inégales : l'un, celui du côté de la rive, à 152,40 m, et l'autre, qui se dirige vers le milieu du fleuve, a 171,45 m ; ces deux dernières sont réunies par une poutre de 205,73 m de longueur ; il en résulte que la travée centrale, formée de cette poutre et des deux bras intérieurs des deux cantilevers, a une ouverture de $205{,}73 + 2 \times 171{,}45 = 548{,}63$ m. Cette ouverture sera la plus grande qui existe ; elle a 30 m de plus que celle du pont du Forth, et 60 m de plus que la portée centrale du pont de Williamsburg, à New-York.

La largeur du tablier est de 27,11 m ; elle est composée d'une partie centrale de 15,02 m, de deux espaces latéraux de 4,57 m chacun, et de deux trottoirs extérieurs de 1,97 m chacun ; ce tablier doit supporter deux voies de chemins de fer, deux voies de tramways, et deux chaussées pour voitures, plus les deux passages pour piétons.

Les deux poutres cantilever ont donc chacune 323,85 m de longueur ; leur hauteur totale dans l'axe de la pile est de 94,03 m. Les deux poutres, de chaque côté, sont écartées d'axe en axe de 10,06 m, depuis le tablier jusqu'à la partie supérieure, et l'écartement va en augmentant jusqu'à 15,25 m, à la base d'appui sur les piles. La partie la plus élevée des poutres est à 58 m au-dessus du tablier, tandis que le dessous de celui-ci est à 45,75 m au-dessus des plus hautes marées.

Les grandes poutres sont des constructions en barres articulées par

des broches; celles-ci ont en général 0,305 m de diamètre, mais quelques-unes, telles que les axes d'articulation sur les piles, ont 0,610 m de diamètre. Les barres articulées ont une épaisseur de 0,381 m portée pour certaines pièces à 0,457 m. Les cordes ou plates-bandes ont 1,35 m d'épaisseur sur 1,70 m de largeur, le montant vertical sur les piles a 2,50 m de largeur sur 1,22 m d'épaisseur. Les pièces de pont qui soutiennent le tablier ont 2,50 m de hauteur et 27,11 m de longueur; la poutre centrale, portée sur les extrémités des poutres cantilever a 29 m aux extrémités et 39 m au milieu. On peut se faire une idée des dimensions énormes des différentes parties de cette construction par ce fait que les sabots fixés sur la pile et sur lesquels s'articule la poutre pèsent chacun 180 000 kg environ.

Le système de montage du pont consiste à monter sur un échafaudage la partie des poutres cantilever située du côté des rives, et, après. de monter en porte à faux la partie formant la travée centrale. Chacun de ces échafaudages se compose d'une partie centrale en bois sur le plancher de laquelle sont déposés les matériaux et de deux poutres extérieures montées sur colonnes métalliques et servant à la circulation des grues roulantes enveloppant toute la section transversale de l'ouvrage: ces grues ont 30,50 m de base et une hauteur de 64,50 m au-dessus du plancher. Chacune est desservie par quatre treuils électriques pouvant lever des pièces de 95 000 kg.

Les pièces arrivent des ateliers dans un chantier de 225 m de longueur situé au bout du pont et desservi par deux grues électriques de 21 m de portée qui les chargent sur des wagons, lesquels les amènent sous la grue de montage.

Le pont est fait par la Phœnix Bridge C° de Phœnixville, Pa. qui est chargée de la construction et du montage. Les fondations ont été commencées en 1902; elles comportent deux culées, deux piles d'ancrage et deux piles principales. Les premières ont été fondées sur le rocher; des piles d'ancrage, l'une a été établie sur le rocher, l'autre sur une couche d'argile compacte de 24 m d'épaisseur; ces travaux n'ont pas présenté de difficultés; il n'en est pas de même de la fondation des piles principales qui ont du être faites au moyen de caissons à l'air comprimé; la pression de cet air a du être portée, à la fin du fonçage, à 36 livres par pouce carré, soit 2,55 kg par centimètre carré.

Le montage de la partie métallique a commencé le 22 juillet de cette année, et le 1er septembre on avait déjà monté la partie des poutres principales du côté de la rive sur le côté sud; mais on devra suspendre les travaux en hiver, probablement du 15 novembre au 15 avril, à cause de la rigueur du climat.

Le port de Hambourg. — Un rapport de sir William Ward, sur le développement commercial de Hambourg contient d'intéressants détails que nous résumons ci-dessous.

L'auteur fait observer que l'importance commerciale d'un port de mer ne peut pas s'apprécier seulement par le tonnage des navires de mer qui y entrent ou qui en sortent, mais beaucoup plus par le tonnage et la valeur des marchandises importées et exportées. Les chiffres suivants

extraits d'un rapport publié récemment par la Chambre de Commerce d'Anvers font voir que, sous ce rapport, le port de Hambourg dépasse en importance, non seulement le port belge, mais encore ceux de Londres et de Liverpool.

	Valeurs pour 1902.	
	marchandises importées.	marchandises exportées.
	—	—
Hambourg.	4 709 000 000 f	4 139 000 000 f
Londres.	4 189 000 000	2 340 000 000
Liverpool	3 180 000 000	2 720 000 000
Anvers	1 778 000 000	1 642 000 000

Le nombre et le tonnage des navires de mer de toutes nations ayant fréquenté le port de Hambourg en 1904 est le plus élevé qu'on ait encore enregistré; le tonnage dépasse de 455 000 tx le chiffre de l'année précédente. Le nombre des navires a atteint pour 1904, le total de 14 859 et le tonnage celui de 9 611 732 tx. Le pavillon britannique a montré un accroissement de 177 288 tx par rapport à l'année 1903 et les chiffres représentant le nombre de navires et leur tonnage est le plus élevé qu'on ait encore relevé. Ce tonnage a eu un accroissement continu depuis cinq ans, mais on doit reconnaitre que, dans la même période, l'accroissement du tonnage du pavillon allemand a été encore plus grand. Sur le total de 9 611 732 tx entrés à Hambourg en 1904, il y avait 3 353 732 tx sous pavillon britannique et 5 231 714 sous pavillon allemand, soit un rapport de 100 à 156.

Il n'existe peut-être pas, dans l'histoire de la navigation commerciale, de fait plus remarquable que le développement de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine. A la fin de 1904, cette puissante Société possédait 310 vapeurs de mer et de rivière de toute espèce dont le tonnage atteignait un total de 738 691 tx. Celui des navires de mer entrait dans ce chiffre pour 612 299 tx; de plus, le tonnage des navires en construction s'élevait à 110 000 tx.

On ne connait pas encore le chiffre des voyageurs transportés par cette Compagnie en 1904, mais le nombre pour 1903 s'élève à 304 346 et le cube des marchandises à 4 800 554 m³. Le nombre des lignes desservies par la Compagnie, soit seule, soit en participation avec d'autres, s'accroit d'année en année d'une manière régulière. Actuellement elle dessert 41 lignes différentes dans les différentes parties du monde; les plus importantes sont celles de l'Amérique du Nord, du Mexique, des Indes Occidentales et de l'Extrême-Orient.

Les recettes totales réalisées en 1904 se sont élevées à 39 millions de francs, mais ce beau résultat est dû, dans une certaine mesure, d'une part à la vente à prix élevé de quelques navires au Gouvernement russe et de l'autre à l'accroissement du trafic des marchandises sur certaines lignes et aux effets d'un nouveau système d'assurance. Il est juste de dire que la Compagnie Hambourgeoise-Américaine doit une partie de son succès au soin qu'elle apporte à introduire constamment toutes les améliorations nouvelles, non seulement en ce qui regarde la construc-

tion, la vitesse et la sécurité de son matériel flottant, mais aussi en ce qui touche le confortable des passagers. On peut citer comme exemple, dans ce dernier ordre d'idées, l'emploi d'ascenseurs dans plusieurs paquebots; ces appareils sont très appréciés des passagers, surtout par mauvais temps; sur divers bateaux pour transport de touristes, on trouve des salles de gymnastique munies de tous les appareils nécessaires et, sur plusieurs navires récents, un restaurant à la carte, permettant aux voyageurs de prendre leur repas à l'heure qui leur plaît et avec le menu qui leur convient sans être obligés d'accepter les heures et la promiscuité de la table d'hôte. Dans un autre ordre d'idées, pour attirer de plus en plus la clientèle à ses paquebots, la Compagnie a repris récemment les affaires d'une agence allemande de voyages bien connue et se propose d'installer des succursales dans divers pays.

Au point de vue de la valeur, soit des importations, soit des exportations, le Royaume-Uni vient en tête de la liste pour le port de Hambourg. En effet, sur un chiffre total d'importations par mer en 1904 de 3 110 000 000, il est venu du Royaume-Uni une valeur de 525 millions de francs et des États-Unis le total, d'ailleurs très rapproché, de 492 millions. L'Inde vient au troisième rang avec 325 millions, ce fait est digne de remarque. L'Inde envoie surtout à Hambourg des peaux et des fourrures, des graines oléagineuses, du riz, du coton, du jute, soit bruts, soit manufacturés, de l'indigo, etc. Quelque élevé que soit le chiffre de cette importation, il est loin de représenter leur valeur réelle, car beaucoup de produits sont envoyés de l'Inde à Londres ou ailleurs et de là réexpédiés à Hambourg, ils figurent alors comme provenant du Royaume-Uni, de Belgique ou de Hollande et non de l'Inde.

Si nous prenons le chiffre des exportations, nous trouvons que le Royaume-Uni vient le premier avec un total de 550 millions de francs, suivi d'assez loin par les États-Unis avec 32,5 et l'Allemagne avec 30 millions; l'Inde figure pour 7,5, l'Australie pour 4,3 et l'Amérique du Nord britannique pour 1,2 million seulement, chiffre dont la faiblesse tient à une guerre de tarifs. Un fait qui prouve le développement croissant du commerce entre Hambourg et les pays d'outre-mer est que, dans le courant de l'année dernière, plusieurs maisons de banque qui font surtout des affaires avec l'Inde, l'Extrême-Orient, l'Afrique du Sud et l'Australie, ont établi des succursales à Hambourg.

Les constructions navales occupent une place prépondérante dans les industries de Hambourg et ont pris, depuis vingt-cinq ans, un développement plus grand qu'aucune autre, surtout à cause du remarquable esprit d'entreprise qu'ont montré les Sociétés d'armement et des progrès considérables faits en Allemagne dans la mécanique et l'architecture navale. Il y a actuellement à Hambourg onze chantiers de construction qui occupent ensemble environ 9 000 ouvriers. Deux de ces établissements peuvent construire les paquebots transatlantiques du plus grand modèle et les navires de guerre. La fréquentation de plus en plus grande de ce port nécessite l'amélioration et le développement constants des moyens de chargement et de déchargement, et de mise à sec des navires de mer ou de rivière, de même que l'entretien du port et de ses différents ouvrages.

On dépense en moyenne par an 1 million de francs pour le dragage à l'intérieur ou à l'extérieur (dans l'Elbe) des divers bassins. De 1890 à 1900, on a enlevé en moyenne par an 1 140 000 m^3 de déblais. Les barres les plus gênantes pour la navigation de l'Elbe ont été successivement creusées de 4 à 7,50 m et on s'occupe de réaliser la profondeur de 9,80 m ce qui nécessitera une dépense de 7,8 millions de francs. On a fait un projet de tunnel sous l'Elbe pour relier d'une manière plus directe la partie principale de la ville avec les chantiers de construction et les établissements industriels qui se trouvent sur la ligne méridionale. On peut espérer voir cette entreprise réalisée dans un avenir prochain. Une grande maison de Francfort a offert de se charger de ce travail pour une somme de 10 650 000 f et il est à prévoir que cette proposition sera acceptée.

L'industrie du fer en Italie. — En Italie, l'industrie sidérurgique reçoit la presque totalité de ses minerais de l'Ile d'Elbe; en fait, cette île lui a fourni, en 1900, un chiffre de 230 000 t sur un total de 247 000 t, le reste provenant des dépôts de Monte Argentario, et de ceux dans le voisinage de Gèvre, Turin et Bellano. On sait que les mines de l'Ile d'Elbe appartiennent à l'État et sont louées à des Sociétés minières. On estimait, en 1886, que ces mines seraient épuisées dans une trentaine d'années, mais des découvertes récentes ont fait connaître la présence par quantités plus grandes du minerai et conduit à admettre que l'exploitation pourrait aller jusque vers 1920, à raison d'une extraction de 400 000 t par an.

La production de la fonte est très variable. Vers 1880, elle s'élevait à 25 000 t par an; elle a diminué graduellement jusqu'à tomber, en 1893, à 7 600 t; puis elle s'est relevée et a atteint, en 1903, le chiffre, non encore obtenu jusque-là, de 75 300 t, lequel n'est cependant encore que le tiers de la consommation qui a été, pour la même année de 202 000 t. Il semble que depuis la production ait continué à s'accroître et on dit que celle de cette année arrivera à 120 000 t, c'est-à-dire à peu près le maximum de ce qu'on peut produire avec l'extraction des minerais indigènes.

Les deux centres de production de la fonte sont la Lombardie et la Toscane; cette dernière comprend l'Ile d'Elbe. Dans la première de ces provinces, l'industrie du fer a été longtemps peu active; ainsi, il y avait, en 1881, douze hauts fourneaux en activité, lesquels produisaient annuellement 12 300 t de fonte; ce nombre était descendu, en 1900, à cinq et le produit à 7 300 t. Cette chute est due en partie à la faible production de minerai dans la région, mais surtout à la rareté du charbon de bois et, comme conséquence, au prix élevé de la fonte produite, prix qui atteint 110 f la tonne, alors que la fonte anglaise ne coûte que 85 f dans les ports italiens.

En Toscane, au contraire, l'industrie sidérurgique, après une phase de dépression, tend à se relever très sensiblement. Ainsi, en 1881, elle avait cinq hauts fourneaux en feu, avec une production de 12 400 t; trois de ces hauts fourneaux furent bientôt éteints, en prévision d'un épuisement rapide des gisements de minerais de l'Ile d'Elbe et, en 1898, la

production de fonte était tombée à 4 700 t. Depuis, on a repris confiance dans l'avenir des mines en présence des baux à long terme passés pour leur exploitation ; on a établi, dans l'ile même, deux hauts fourneaux et des fours à coke et la production de la fonte s'est élevée, en 1900, à 16 000 t environ ; ce chiffre n'est pas bien élevé, mais il ne faut pas perdre de vue que l'avenir de l'exploitation des mines de l'île ne paraît pas devoir dépasser une période assez courte.

La production du fer et de l'acier se répartit entre sept contrées ; les riblons employés sont importés : d'Allemagne pour 54 895 t en 1903, d'Angleterre pour 42 517 t, de France pour 46 622 t et d'autres pays pour 60 000 t. L'Allemagne a fait de grands progrès sur ce point, car, en 1889, elle n'avait fourni que 17 037 t contre 68 085 t importées d'Angleterre pour la même année.

1. *Lombardie.* — L'industrie sidérurgique de cette région n'a pas été affectée par la réduction de la production de la fonte ; elle n'emploie guère que des riblons et vieux fers. Les principaux centres sont Dongo qui produit des fers profilés et une petite quantité de tôles ; Rogoredo, de même, Vobarno, des poutrelles et des tôles et des tubes ; Gregorini di Lovere de même et les Aciéries Milanaises qui possèdent deux convertisseurs et un four à sole.

2. *Piémont.* — Les conditions sont à peu près les mêmes que les précédentes, on y consomme encore plus de vieux fers ; les forges de Bussoleno font des fers laminés et des tubes, et les usines de Omegna, Pont-Saint-Martin et Ceretti des fers marchands divers.

3. *Venise.* — Les seules forges un peu importantes de cette région sont celles dites « Ferriera di Udine » qui produisent des fers marchands et des poutrelles, mais elles n'emploient que des matières premières de provenance autrichienne. Leurs produits sont très supérieurs à ceux des autres usines italiennes et, pour cette raison, toujours très recherchés. On a récemment développé la production par l'installation de nouveaux fours et de laminoirs d'une capacité double des précédents.

4. *Ligurie.* — On avait, dans cette région, cherché, depuis longtemps, à développé la production du fer en vue des besoins des constructions navales qui constituent une industrie locale très importante et la situation favorable pour l'importation des matières premières et l'exportation des produits fabriqués en a fait le centre le plus important de la métallurgie du fer en Italie. La Société la plus considérable est « Societa Siderurgica Savona » qui, en plus de ses anciens établissements de Savone, possède maintenant ceux de la « Ligure Metallurgica » à Sestri et à Cornegliano. Cette Société a également des hauts fourneaux dans l'Ile d'Elbe et va y établir une aciérie pour produire 300 t par jour ; ce sera le plus grand établissement de ce genre en Italie.

5. *Toscane.* — La production de cette région est considérablement tombée depuis quelque temps, surtout à cause de l'emploi à peu près exclusif de vieux fers et riblons qu'elle faisait. La Société la plus importante est la Société « delle Ferriere Italiane » qui a une usine à San Giovanni, Piombino, un haut fourneau à Porto Ferraio et un autre établissement à Torre Annunziata, près de Naples.

6. *Umbrie.* — Ce district produit une assez grande quantité d'acier venant presque en totalité de l'usine de Terni de la « Societa Alti Forni ed Acciaieria Terni ». Les hauts fourneaux ne sont plus en activité, mais l'aciérie et la fonderie ont une grande importance et fournissent du matériel de guerre et des produits pour les constructions navales. Mais, depuis quelque temps, ces établissements ne fonctionnent guère qu'en raison de la moitié de leur capacité de production.

7. *Naples.* — De même qu'en Toscane, on ne se sert guère comme matière première que de ferrailles, les seuls établissements de cette région sont ceux de Torre Annunziata, déjà mentionnés plus haut. Ces renseignement sont extraits du *Stahl und Eisen.*

Le gaz naturel aux États-Unis. — Malgré une diminution bien constatée de la pression dans plusieurs districts, la production totale du gaz naturel aux États-Unis a été, en 1904, supérieure à toute production antérieure; on l'estime à une valeur de 192 millions de francs, dépassant de 13,5 millions le chiffre de l'année précédente.

Les quatre États, Pensylvanie, Virginie occidentale, Indiana et Ohio produisent les 93,3 0/0 de la valeur totale du gaz naturel aux États-Unis et la Pensylvanie fournit, à elle seule, les 47 0/0. Le volume approximatif du gaz naturel produit en 1904 est de 7,2 milliards de mètres cubes, équivalant à 5 580 500 tonnes métriques, ce volume étant à la pression moyenne de 0,020 kg par centimètre carré. Si le poids spécifique était le même partout, ce volume suffirait pour remplir un tuyau de 15 m de diamètre entourant la terre à l'équateur.

On a très activement travaillé en 1904 dans les dépôts récemment découverts dans le centre de l'Ohio et dans le sud-ouest de Kansas. Dans ce dernier, on a creusé de nombreux puits dont quelques-uns de fort diamètre. Le chiffre dépensé pour les forages, et pour les conduites de distribution desservant les villes et les villages est très élevé. Dans la Virginie occidentale, on a creusé de nombreux puits qui ont été raccordés avec la canalisation générale.

A la fin de 1904, il y avait aux États-Unis, pour le transport du gaz naturel, une longueur totale de 47 707 km de conduites d'un diamètre variant de 50 mm à 875 mm; les diamètres les plus courants sont ceux de 203 et 254 mm; avec les petits tuyaux jusqu'à 254 mm, la pression peut aller à 28 kg par centimètre carré; pour les diamètres au-dessus, on ne dépasse pas 21 kg. A l'origine la pression du gaz dans les puits étaient partout suffisante pour assurer le transport de grandes masses de gaz à une distance considérable dans des conduites de diamètre modéré. Mais dans les dernières années, la diminution de pression aux puits a nécessité l'établissement de puissants appareils de compression pour donner au gaz la pression nécessaire » sa circulation.

On a dans les derniers temps étendu considérablement les réseaux de conduites reliant l'ouest de la Pensylvanie et le nord-est do l'Ohio aux riches champs de production de gaz du sud-ouest de la Pensylvanie et de l'ouest de la Virginie occidentale, de manière à obtenir une exploitation plus économique, imposée par les leçons de l'expérience, c'est-à-dire par l'épuisement complet des réservoirs primitifs de la Pensylvanie,

de l'Ohio et de l'Indiana; on a surtout donné aux tuyaux de plus grands diamètres pour faciliter la distribution du gaz sous de plus faibles pressions. Il est très regrettable de voir encore maintenant perdre, dans certaines régions, d'énormes quantités de gaz par les forages opérés pour trouver le pétrole, forages qui traversent les couches supérieures du terrain, lesquelles renferment les cavités où le gaz est emmagasiné.

En 1904, les établissements industriels se servant de gaz naturel comme combustible se partageaient comme suit, par nombre et nature d'industries dans les divers États:

États.	Forges.	Aciéries.	Verreries.	Divers.
Pensylvanie.	35	65	»	2 740
Ohio	3	6	89	1 112
Indiana.	8	4	15	297
Virginie occidentale.	7	2	81	964
New-York	1	»	32	444
Kansas.	6	4	6	274
Kentucky.	1	1	14	55
Autres	»	»	»	67
Totaux	61	82	237	5 953

On voit qu'il y avait, en 1904, un total de 6 333 établissements employant le gaz naturel comme combustible. Il faut y ajouter 712 577 consommateurs qui s'en servent pour les usages domestiques, chiffre en augmentation de 85 530 sur l'année 1903. Cet accroissement s'est produit principalement dans l'Ohio, la Pensylvanie, l'État de New-York et la Virginie occidentale. Dans l'Indiana, au contraire, il s'est produit une diminution. On estime que 4 600 000 personnes au moins se servent du gaz pour le chauffage et l'éclairage et 5 millions pour l'éclairage seul.

On a calculé, enfin, que le gaz naturel consommé en 1904, dont la valeur est, comme on l'a vu plus haut, estimée à 192 millions de francs, remplace d'autres combustibles tels que bois, charbon, etc., pour une valeur de 217 millions de francs, de sorte que l'économie réalisée par l'emploi du gaz naturel s'élève à 25 millions de francs pour l'année. Le prix moyen auquel ce gaz est livré aux consommateurs est d'environ 16 cents par 1 000 pieds cubes, ce qui correspond à 2,8 centimes par mètre cube, la pression est de 0,02 kg par centimètre carré, soit 0,20 m de hauteur d'eau.

L'*Iron Age*, auquel nous empruntons ces renseignements, ajoute que les méthodes actuelles d'exploitation entraînent un gaspillage de gaz tel que la pression décroît rapidement dans quelques-uns des centres de production, ce qui a entraîné, en 1904, la suppression de l'emploi de ce combustible dans 390 établissements qui s'en servaient auparavant. Dans ce nombre figurent 8 forges et aciéries et 111 verreries.

Un rapport du Geological Survey des États-Unis, appelle l'attention des industriels sur l'épuisement presque complet de plusieurs des centres de production primitifs de la Pensylvanie, de l'Ohio et de l'Indiana. Ce serait une grosse erreur de croire, conclut ce rapport, que les réser-

voirs de gaz naturel sont inépuisables et l'abondance actuelle de certaines sources ne donne aucune garantie d'un long avenir si les méthodes d'emploi restent entachées de déperditions extravagantes.

Installation pour la destruction des immondices. — Nous trouvons dans le périodique *Public Works* un exemple intéressant d'une installation récente pour la destruction des immondices, laquelle est, par conséquent, pourvue de tous les perfectionnements apportés dans ces derniers temps aux appareils destinés à remplir ce genre d'opérations. Il s'agissait, d'ailleurs, d'une reconstruction, les fours établis à l'origine étant dans un état de dégradation qui exigeait leur remplacement.

Cette installation se trouve dans la ville manufacturière de Bradford; elle a été faite par la Horsfall Destructor Company, de Leeds, et comprend douze cellules avec les générateurs de vapeur et leur cheminée.

La surface totale de grilles est de 33,5 m²; les chaudières, au nombre de deux; sont du type marin de Babcock et Wilcox et ont chacune une surface de chauffe de 223 m², la pression de la vapeur est de 11,20 kg par centimètre carré. Les gaz, après avoir chauffé les générateurs, passent autour d'un économiseur de Green, avec 160 tubes, où l'eau d'alimentation se réchauffe avant de pénétrer dans les générateurs. On a adjoint à l'installation d'incinération une station électrique dont les dynamos sont actionnées par la vapeur produite au moyen de la combustion des immondices. Dès que les appareils électriques ont été mis en place, des essais très complets ont été effectués sous la direction de M. W. M. Binny, Ingénieur-conseil, spécialement délégué à cet effet par la Corporation de Bradford. Ces essais ont duré sept jours et nuits consécutifs, soit 168 heures.

Voici les données et résultats de ces essais :

Nombre et type des cellules (à chargem[t] par le haut)	12
Surface de grille totale	33,5 m²
Système de tirage	air chaud soufflé par jet de vapeur.
Pression moyenne de l'air sous les grilles	25 mm
Pression moyenne de la vapeur de soufflage . . .	3,80 kg
Quantité totale d'immondices incinérée.	845 200 kg
Quantité brûlée par cellule et par 24 heures . . .	10 000 kg
Personnel employé (chauffeurs et chargeurs) . . .	18
Salaire moyen par ouvrier	6 f
Quantité incinérée par homme	6 700 kg
Quantité de cendres et escarbilles retirées	427 315 kg
Pression moyenne de la vapeur	10,25 kg
Quantité de vapeur produite	992 523 kg
— par heure.	5 908 kg
— par heure et mètre carré de surface de chauffe	13,25 kg
— par kg d'immondices incinérés	0,43 kg
Température moyenne de l'alimentation	91° C.
— des gaz à la sortie des chaudières	257° C°

Les matières traitées dans les fours d'incinération étaient surtout des ordures ménagères, des résidus de balayage des marchés et des débris de papier. On voit que les 6000 kg de vapeur produite par heure pouvaient suffire à l'alimentation de moteurs de 1000 ch au moins qui. obtenus avec du charbon, même au bas prix de 12,50 f la tonne et dans les meilleures conditions, coûteraient au moins 10 f par heure.

La densité du téléphone. — On peut appeler densité téléphonique le rapport des abonnés au téléphone à la population totale d'une localité.

Cette question présente un grand intérêt comme indication du développement possible du téléphone dans un endroit. Le *Wall Street Journal* donne des détails curieux à ce sujet. C'est un fait connu que la densité téléphonique est beaucoup plus grande dans les États de l'Ouest que dans ceux de l'Est. Il y a quelques semaines, la Pacific States Telephone and Telegraph Company a publié des chiffres très intéressants, relativement aux réseaux qu'elle exploite et qui se trouvent dans les trois États : Californie, Washington et Orcgon ; la densité est, dans certaines villes de ces États, plus grande que partout ailleurs au monde. La Californie qui vient en tête compte 133000 abonnés au téléphone, sur une population de 1300000 habitants, c'est-à-dire plus de 1 sur 10.

Les six États qui constituent la Nouvelle-Angleterre, sont un exemple d'un développement très considérable du téléphone. Le tableau suivant donne, pour plusieurs villes du Massachusetts, la population, le nombre d'abonnés au téléphone et le rapport dont nous nous occupons, à la date du 1er janvier 1905 :

	Abonnés.	Abonnés par 100 habitants.
Boston	38205	6,4
Worcester	6375	4,9
Springfield	5046	6,8
Lowell	3199	3,3
Brookline	3122	13,5
Cambridge	3000	3,0
Newton	2932	7,9
Lynn	2625	3,4
Haverhill	2221	6,0
Holyoke	1626	3,2
Salem	1312	3,5
Pittsfield	1191	4,7
Malden	1152	3,0
Pour tout l'État de Massachusetts	114856	1,8

A la même date, il y avait dans la Nouvelle-Angleterre, 208814 abonnés ce qui donne une densité générale de 3,48 0/0.

Le même journal donne le nombre d'abonnés et la densité téléphonique de diverses contrées du monde à la date du 1er janvier 1905 :

Contrées.	Abonnés.	Abonnés par 100 habitants.
—	—	—
Allemagne	445 000	0,89
Grande-Bretagne	357 000	0,86
France	122 000	0,31
Suède	110 100	2,11
Suisse	52 500	1,59

Le pays d'Europe qui se rapproche le plus de la Nouvelle-Angleterre est donc la Suède, ensuite vient la Suisse. Un fait intéressant est que, dans la première de ces contrées, le développement du nombre des abonnés, pendant l'année courante, représente déjà près de 40 000 nouveaux, soit un accroissement de 20 0/0.

Locomotive électrique à accumulateurs. — Nous trouvons dans l'*Electrical Engineer* quelques renseignements sur une locomotive électrique à accumulateurs employée sur les travaux du Great Northern, Piccadilly and Brompton Railway, lequel est un chemin de fer tubulaire. La locomotive sert à remorquer dans le tube les wagons portant les déblais ou les anneaux métalliques formant l'enveloppe, les rails, traverses, etc. Elle a été construite par la maison Hurst, Nelson et C°, de Motherwell, qui en a fourni deux semblables ainsi que huit wagons à bogies que ces machines remorquent.

La locomotive mesure 15,40 m de longueur, hors tampons, sur 2,44 m de largeur et 2,97 m de hauteur, du niveau du rail au-dessus des abris des mécaniciens ; elle est portée sur deux bogies à deux essieux chacun. Sur chaque côté est un panneau en tôle d'acier de 6 mm d'épaisseur, sous-tendu par des tirants pour l'armer et se raccordant aux extrémités avec les parois des abris. Ces panneaux forment les côtés de la caisse contenant les accumulateurs ; le plancher est en bois de jarrah, porté sur des traverses formées de fers en U assemblés à leurs extrémités à des fers de même forme, rivés aux tôles des panneaux. Ces dernières sont garnies, à l'intérieur, de bois de jarrah. Une poutre en treillis est placée longitudinalement dans l'axe du véhicule et relie les deux abris. Elle donne de la raideur à la caisse et forme séparation entre les deux compartiments destinés à recevoir les accumulateurs. Des panneaux mobiles en bois portant d'un côté sur la poutre centrale, de l'autre sur une cornière rivetée sur la partie supérieure des panneaux latéraux, recouvrent les deux compartiments. Les abris disposés aux deux extrémités de la locomotive, sont entièrement en tôle d'acier. L'un d'eux est assez spacieux — il a 3,30 m de longueur — pour contenir la pompe à air du frein, le réservoir d'air comprimé et les appareils électriques de contrôle.

Les accumulateurs, fournis par la Chloride Electrical Storage Company, se composent de 80 éléments au chlore, formés chacun de 21 plaques ; le poids total est de 36 tonnes. Le courant de décharge est normalement de 170 ampères, mais peut être porté à un maximum de 800 ampères.

Les accumulateurs contiennent une énergie suffisante pour une journée de travail sans rechargement.

Ces locomotives pèsent 69 t; elles peuvent remorquer, en palier, une charge de 60 t, à une vitesse de 12 à 16 km à l'heure. Nous ignorons absolument les conditions du programme que ces locomotives sont appelées à remplir, mais il faut évidemment des circonstances bien particulières pour avoir obligé à employer des engins aussi lourds et aussi encombrants relativement au travail à faire.

Des puits qui soufflent et aspirent. — Notre Collègue, M. W. Grosseteste, a adressé à la Société une note, publiée dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, mai 1905, par M. le docteur Gerbier. Cette note résume les observations faites par l'auteur et M. Grosseteste sur des puits situés dans le Canton de Genève, et qui présentent la particularité d'aspirer l'air à certains moments, et de le refouler à d'autres. Ces puits sont considérés par les habitants comme des indicateurs très exacts du temps; lorsqu'ils soufflent, ils annoncent la pluie, et, lorsqu'ils aspirent, le beau temps. Comme ils sont, suivant l'usage du pays, recouverts d'une pierre percée d'un trou, il est facile d'observer le sens du courant d'air.

Les observateurs ont installé sur un de ces puits un manomètre en U, et recueilli des renseignements intéressants. Ainsi, ils ont reconnu que le puits est rarement à l'état d'équilibre : il souffle quand le baromètre baisse, et aspire quand il monte. Les variations ne dépassent pas une hauteur de 20 mm.

Si l'on constate que les puits dont il s'agit sont percés dans des couches de gravier d'alluvion recouvertes de terre végétale imperméable ou à peu près, on est porté à admettre que ces couches constituent, par les vides qui séparent les cailloux, une capacité considérable, dans laquelle l'eau se meut; elle l'envahit quand la pression atmosphérique baisse, et s'en retire quand elle augmente; l'effet de ces mouvements se fait sentir dans le puits, qui forme la communication de cette capacité avec l'extérieur. Ce phénomène présente une grande analogie avec les émissions de gaz par certaines sources thermales, l'envahissement des mines par le grisou, les caves à courant d'air du sol, les variations de débit des fontaines, etc.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT - SEPTEMBRE - OCTOBRE 1905.

Rapport présenté par M. HITTER sur l'ouvrage de M. MÉLINE, intitulé **le retour à la terre.**

Dans cet ouvrage, dont il a été beaucoup parlé, l'auteur décrit d'abord la naissance de la grande industrie et le développement de sa colossale puissance, c'est le fait capital qui domine le XIX[e] siècle. Ce développement prodigieux auquel toutes les nations se sont peu à peu associées a fini par amener la surproduction et l'engorgement. La seule solution au malaise qui en résulte est donc le retour à la terre. La crise agricole, qui a fait tant de mal, touche en effet à sa fin et l'agriculteur dispose maintenant de ressources nouvelles et fécondes, dans le domaine économique et matériel, dont il n'a qu'à tirer parti.

On peut d'ailleurs river à jamais l'agriculteur et l'ouvrier à la terre en mettant de plus en plus celle-ci à sa portée, en lui en facilitant l'accès par des mesures analogues à celles qu'on a prises si généreusement et dans de si vastes proportions pour les ouvriers des villes.

M. Méline déclare d'ailleurs que son ouvrage n'est que le commentaire développé de cette grande et forte parole d'un philosophe chinois, parole qui résume d'un trait lumineux tout ce qu'on peut dire sur ce grand problème du travail humain : « La prospérité publique est semblable à un arbre : l'agriculture en est la racine, l'industrie et le commerce en sont les branches et les feuilles; si la racine vient à souffrir, les feuilles tombent, les branches se détachent et l'arbre meurt. »

Le matériel agricole au début du XX[e] siècle, par M. Max RINGELMANN.

Dans cette première partie, l'auteur débute par un aperçu historique sur l'enseignement du génie rural en France. On sait que jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle, dans tous les pays, l'agriculture restait abandonnée à des serfs qui vivaient dans un état réel d'infériorité, malgré les efforts méritoires tentés à diverses reprises par des hommes de génie au nombre desquels il suffira de citer Bernard Palissy, Olivier de Serres, etc. Quelques essais timides d'enseignement agricole avaient été faits de 1763 à 1770 ; une société d'agriculture avait été fondée en 1761.

Mais ce n'est qu'au commencement du XIX[e] siècle qu'on trouve des efforts sérieux tels que la fondation de l'École de Roville par Mathieu de Dombasle en 1820, celle des Écoles de Grignon et Grand-Jouan, etc., pour ne parler que des faits les plus considérables des débuts. L'ouvrage dont nous nous occupons contient des développements intéressants sur

ces points. Il étudie ensuite les causes de développement des machines en agriculture en citant d'abord un très remarquable article écrit par Auguste de Gasparin en 1838, sous le titre : Influence des machines en agriculture. article dans lequel l'auteur signalait dans l'emploi des machines « le grand événement qui se prépare, qu'on ne comprend pas assez, qui bouleverse les esprits, surprend les intelligences et jette le vertige dans les sociétés modernes. »

Le peuple attribue surtout ses misères aux machines qui, selon lui, coupe les bras de l'ouvrier, la machine n'est pas son ennemi, elle élève, au contraire, son rôle dans l'activité humaine, elle lui permet de développer son intelligence et l'ennoblit, comme disait si bien Gasparin.

M. Ringelmann signale avec raison la différence qui existe entre les machines agricoles et les machines industrielles, au point de vue de la construction. Les dernières sont appelées à travailler 300 jours par an et 10 heures par jour et doivent être établies avec des soins que ne réclament pas les premières dont le travail n'a lieu que pendant une courte période ; elles doivent donc être établies d'une manière *pratique* et pas trop *mécanique*.

Unification des filetages. — Extension du système international aux vis de diamètre inférieur à 6 mm.

On trouvera ici le procès-verbal de la séance tenue le 22 juin 1905 par la réunion des délégués des diverses administrations et constructeurs intéressés et l'exposé des règles proposées dans cette séance et que la Société d'Encouragement se propose de soumettre à l'acceptation d'une réunion internationale. On y trouve aussi le résumé succinct du système universel de filetage proposé par M. Aubaile, Ingénieur-Constructeur à Corbeil.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Cobron, *(fin.)*

Cette partie s'occupe du forage sur divers métaux, notamment du forage à outrance qui permet d'obtenir des forets un travail de beaucoup supérieur à celui qu'ils produisent couramment, mais à la condition de renforcer les foreuses dans une large mesure.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous signalerons dans ces notes les suivantes : sur l'indigo; mesure de la plasticité des argiles; divergences sur les points d'ébullition de substances d'un usage fréquent, telles que: ammoniaque, méthylamine, chlorure de methyle, oxhydride sulfureux; dosage des matières grasses dans les eaux de condensation; conservation du lait; vieillissement des vins et liqueurs, etc.

Notes de mécanique. — Les diverses matières traitées sous cette rubrique sont: roulements sur billes, machine de laminoir de 18 000 ch de Richardson, Westgarth and C°, de Middlesborough; indicateur de déviation des sondages de Marriott; emploi de la surchauffe dans les locomotives; résistance de l'acier à des efforts simultanés de traction et

de torsion; appareils pour peser et mélanger les substances pulvérulentes; machines frigorifiques à vide; fabrication des douilles de cartouches pour canons rapides et travail mécanique fourni par les moulins à vent.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1905.

Analyse des rapports officiels sur **les accidents de grisou** survenus en France pendant les années 1898 à 1903, par M. A. de Berc, Ingénieur des Mines.

L'analyse des tableaux se rapportant à cette période fait voir un accroissement très considérable de sécurité au point de vue du grisou; en effet, le nombre moyen annuel des morts ne ressort qu'à 0,18 par million de tonnes extraites et 0,36 par 10 000 ouvriers alors que les chiffres correspondants de la période 1891-1897 étaient 0,43 et 0,88, chiffres déjà très inférieurs à ceux des statistiques plus anciennes. Cet accroissement remarquable de sécurité est dû à l'amélioration constante de l'aérage des houillères, à l'extension de l'emploi des lampes et explosifs de sûreté et enfin à la surveillance de plus en plus active de l'atmosphère des mines.

Les tableaux analysés ne mentionnent que les accidents dus au grisou proprement dit; il en existe cependant d'autres qu'on peut répartir dans les catégories suivantes : 1° accidents causés par des flambées autres que celles du grisou, savoir, d'une part, les flambées de gaz des marais, d'hydrocarbures, etc., et, d'autre part, flambées de poussières; 2° accidents dus à l'asphyxie par des gaz autres que le grisou, savoir : asphyxie par des dégagements instantanés d'acide carbonique, asphyxie par des fumées d'incendie, asphysie par des fumées d'explosifs. L'auteur passe successivement en revue ces divers accidents en indiquant les causes de chacun. L'importance de ces causes accessoires est très sérieuse, car si les accidents de grisou ont tué, dans la période considérée, 35 personnes et blessé 79, les accidents dus aux flambées et dégagements d'autres gaz, poussières et fumées, en ont tué 47 et blessé 8.

Appareil Vanginot pour l'exploration des milieux remplis de gaz irrespirables. — Rapport présenté à la Commission du grisou par M. F. Lebreton, Ingénieur en Chef, Professeur à l'École Nationale supérieure des Mines.

Cet appareil, imaginé par M. Vanginot, lieutenant aux Sapeurs-Pompiers de Paris, se compose de trois parties : un accumulateur d'air, un détendeur et un masque respiratoire. Le type nouveau de cet appareil permet un séjour de cinquante à cinquante-cinq minutes dans le milieu irrespirable.

L'accumulateur est constitué par deux bouteilles en acier du modèle servant au transport de l'acide carbonique liquide. A la pression de 150 kg par centimètre carré, ce réservoir contient 1 100 litres d'air me-

suré à la pression atmosphérique. Le détendeur formé d'une membrane flexible agissant sur un pointeau ramène l'air à une pression de 2 m d'eau, ce qui lui permet de débiter jusqu'à 120 litres d'air, ce qui parait, d'après certaines expériences, être la consommation maxima dans des conditions exceptionnelles. Ce débit, qui épuiserait rapidement la provision d'air comprimé, est modéré par une soupape régulatrice placée à la base du masque respiratoire, soupape dont on règle l'action par une tige munie d'un bouton faisant saillie à la portée du porteur de l'appareil. Un sifflet actionné par un manomètre métallique avertit lorsque la pression est descendue assez bas pour que le porteur doive penser à sortir du milieu irrespirable.

Le masque est un casque de pompier muni d'un prolongement qui emboite entièrement le visage, cette partie porte deux yeux en mica de 55 mm de diamètre.

L'appareil ne pèse que 12 kg; il est simple et robuste et parait susceptible de rendre de réels services dans les mines : aussi la Commission du grisou a-t-elle jugé utile de le faire connaitre en publiant dans les *Annales des Mines* le rapport de M. Lebreton.

Appareil Guglielminetti-Dräger pour l'exploration des milieux remplis de gaz irrespirables. — Rapport présenté à la Commission du grisou, par M. F. Lebreton, Ingénieur en chef, Professeur à l'École nationale supérieure des Mines.

Cet appareil, destiné à remplir le même but que le précédent, est basé sur la régénération de l'air expiré par absorption de l'acide carbonique produit en remplacement de l'oxygène consommé. Il comprend quatre parties : un accumulateur d'oxygène, un détendeur, un masque respiratoire et un régénérateur du gaz aspiré.

Cet appareil, dans le détail duquel nous croyons superflu d'entrer, est moins simple que le précédent, mais il a l'avantage d'avoir une durée de fonctionnement considérable, durée qui atteint pratiquement une heure et demie; il a fonctionné d'une manière absolument satisfaisante entre les mains des pompiers qui l'ont depuis plusieurs mois en essai et peut rendre de grands services.

La Commission du grisou a jugé utile de le faire connaitre par l'insertion du rapport dans les *Annales des Mines*.

7e livraison de 1905.

Notes sur les **Écoles d'ingénieurs pour les mines et la métallurgie,** en Belgique, Allemagne et Autriche-Hongrie, par MM. Friedel, Liénard et Étienne, Ingénieurs des Mines, Professeurs à l'École des Mines de Saint-Étienne.

Ce travail contient les détails sur l'organisation générale et l'historique sommaire des écoles suivantes : Liège, Mons, Berlin, Clausthal, Aix-la-Chapelle, Freiberg, Pribram, Schemnitz. Quatre de ces écoles, Berlin, Clausthal, Freiberg et Pribram sont uniquement des écoles de mines et métallurgie; trois autres sont d'abord des écoles de mines, mais forment aussi des ingénieurs pour les autres branches; enfin une,

celle d'Aix-la-Chapelle, est un véritable Polytechnicum, comportant, aux mêmes titres que d'autres branches d'enseignement, une section de mines et métallurgie.

On trouve dans la note dont nous nous occupons les renseignements les plus détaillés sur l'organisation, la fréquentation, le personnel enseignant, les cours et leurs programmes, les laboratoires, collections, frais d'études, etc. Ces renseignements sont au courant des dernières modifications et constituent des documents d'une valeur et d'un intérêt considérables.

8e livraison de 1905.

Les dénivellations de la voie et les oscillations du matériel de chemins de fer, par M. Georges Marié, Ingénieur, chef de division de la Compagnie P.-L.-M. en retraite. — 2e partie.

Nous avons parlé sommairement de la première partie de cet important travail dans les comptes rendus d'octobre, page 582. La partie dont nous nous occupons aujourd'hui a pour objet de montrer les applications pratiques de la première partie et de faire voir que la formule que l'auteur a établie $h \leqslant 2fa$ est applicable au matériel de chemin de fer dans les cas les plus défavorables, quand les joints de rails sont concordants et qu'elle est applicable avec une légère modification quand ils sont discordants.

M. Marié estime que ses études trouvent une confirmation dans l'examen des résultats des expériences de traction électrique à grande vitesse sur la ligne de Berlin à Zossen. Il étudie, au cours de ce travail, les oscillations des véhicules avec joints concordants ou discordants, en prenant pour point de départ de la mesure des dénivellations de la voie au passage des trains, les remarquables expériences de notre regretté collègue Coüard, Ingénieur de la Compagnie P.-L.-M.

Étude sur **la condition des ouvriers des mines en Australasie,** par E. Glasser, Ingénieur des Mines.

Il n'est donné ici que le commencement de cette note; nous en reparlerons lorsque la fin aura paru.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre-Octobre 1905.

District de Paris.

Réunion du 10 juillet 1905.

Communication de M. Lodin sur **l'origine de certains gîtes de blende et de calamine.**

On a cherché à attribuer à la précipitation directe la formation des gîtes de calamine, c'est en contradiction avec tous les faits observés.

C'est, au contraire, le mode de formation des gîtes de blende qu'il convient d'étudier pour déterminer l'origine première des minerais de zinc. L'auteur étudie et discute les modes de formation possibles pour les blendes et se rallie à l'hypothèse du remplissage des vides par des eaux soit ascendantes, soit descendantes, chargées de sulfures qu'elles ont dissous en traversant des assises soit inférieures, soit supérieures; les gîtes sulfurés, ainsi formés, restent inaltérés tant qu'ils sont protégés contre l'action atmosphérique par un recouvrement marneux d'une épaisseur suffisante; ce recouvrement, une fois enlevé par l'érosion, ils commencent à subir la transformation en calamine dont le développement s'accentue avec le temps.

Fin de la communication de M. Ratel sur **une nouvelle disposition des laveries à minerai.**

Cette partie se compose d'une description d'appareils difficiles à suivre sans le secours des figures qui accompagnent la communication. Celle-ci a été suivie d'une discussion entre l'auteur et M. Lenicque relativement aux dispositions préconisées par le premier, dispositions dont le second ne paraît pas admettre l'application générale.

Communication de M. Lemière sur **la formation d'une certaine espèce de combustibles fossiles.**

On a cherché à faire intervenir l'action microbienne dans la formation des combustibles fossiles; l'auteur, s'appuyant sur les observations de M. C. Bertrand et sur celles de M. Potonié, croit qu'il n'est nullement nécessaire de ferments et de végétaux pour expliquer la formation de la matière fondamentale pulpeuse qui est la base de tous les combustibles fossiles. M. Potonié vient, en effet, de découvrir en voie de formation actuelle, des boues organiques dont la structure intime rappelle exactement celle des bogheads, des cannels-coals et des charbons de purin décrits par M. Bertrand; leur gelose possède en particulier le caractère aseptique et est dépourvue de ferments figurés; son caractère aseptique est mis en évidence par le fait que des échantillons exposés à l'air depuis plusieurs mois ne dégagent aucune odeur.

Quant à la stratigraphie, elle repose sur des principes mathématiques qui sont immuables, au contraire des lois de la physique et de la chimie qui peuvent être renversées par des découvertes scientifiques.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 40. — *7 octobre 1905.*

Introduction de la traction électrique sur les chemins de fer intérieurs à Londres, par K. Meyer.

Distribution de vapeur par cames, par M. Hartmann *(fin)*.

Installations électriques à Hambourg, par M. Rupprecht *(fin)*.

Voitures automobiles pour chemins de fer, par M. Heller *(suite)*.
Tracé de la distribution Heusinger de Waldegg (Walschaerts), par W. Hauff.

Groupe de Berg. — Le chemin de fer russo-sibérien.

Groupe de Hambourg. — Aspiration des fumées et poussières.

Groupe de Mannheim. — Aperçu sur le calcul des guides de gazomètres.

Bibliographie. — Nouvelles installations de turbines, par W. Wagenbach. — Les écoles royales prussiennes de construction de machines, par S. Jakobi.

Revue. — Le dock flottant n° 4 de la ville de Rotterdam. — Fabrication des chaines par procédés mécaniques. — Le croiseur anglais *Adventure*. — Joints d'assemblage pour conduites à haute pression. — Le vapeur à turbines *Kaiser*.

N° 41. — *14 octobre 1905.*

Le pont de chemin de fer sur le Havel, à Brandenburg, par K. Bernhard. — Les machines motrices les plus remarquables à l'Exposition de Liège, en 1905, par H. Dubbel *(fin)*.
Théorie et calcul des turbines et pompes centrifuges, par H. Lorenz.

Exposition universelle de Saint-Louis. — Le matériel de chemin de fer, par Fr. Gutbrod *(suite)*.
Pompe à vapeur à action directe de Papin, par C. Matschoss.

Groupe de Bochum. — Voyage d'études en Amérique.

Bibliographie. — Étude et calcul des machines à vapeur, par H. Dubbel. — Les mines et la métallurgie à l'Exposition du Nord de la France, par Ed. Lozé.

Revue. — Les turbines à vapeur dans la marine. — Expériences sur la machine d'extraction électrique du puits Zollern II. — Activité des établissements d'essais de physique industrielle en 1904. — Épuration des gaz de hauts fourneaux. — Installation pour le refroidissement de l'air à la Banque d'Allemagne, à Berlin.

N° 42. — *21 octobre 1905.*

Propriétés thermiques des vapeurs saturée et surchauffée entre 100 et 180 degrés, par O. Knoblauch, R. Linde et H. Klebe.
Voitures automobiles pour chemins de fer, par A. Heller *(fin)*.
Détermination des dimensions d'un volant, par R. Proell.
Association des électro-techniciens allemands, par G. Detlmar.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — L'industrie allemande du fer et la lutte sur le marché du monde.

Bibliographie. — Le pont Kaiser Wilhelm, sur la Wupper, à Müngsten, par W. Dietz. — La construction métallique, par L. Vianello. — Les écoles royales prussiennes de constructions de machines, par S. Jakobi.

Revue. — Roues en fonte pour chemin de fer. — Le tunnel sous le

Grues électriques à l'Exposition universelle de Liége, en 1905, par A. Stamm.

Revue. — Recherches sur la lampe au tantale. — Le pont sur le Saint-Laurent à Québec. — Machine élévatoire pour distribution d'eau. — Construction d'une ligne de chemin de fer reliant un groupe d'îles. — Moyen de réduire le bruit des trains circulant sur des viaducs métalliques. — La condition des classes ouvrières aux États-Unis. — Omnibus automobiles à Londres.

N° 46. — *18 novembre 1905.*

Les chaudières et machines à vapeur à l'Exposition industrielle de la Basse-Silésie à Görlitz en 1905, par Förster.

Wagons à marchandises de grande capacité, par Metzeltin *(fin).*

Exposition universelle de Liége en 1905. — Les machines-outils, par G. Schlesinger *(suite).*

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouveaux aperçus sur les constructions métalliques.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — L'usine métallurgique de Burbach. — Nouvelles applications de l'électricité dans les mines et la métallurgie.

Groupe du Bas-Weser. — Les signaux dans la navigation maritime.

Revue. — Expérience sur un compresseur avec soupapes Gutermuth. — Le développement des installations électriques de Berlin. — Emploi du combustible liquide dans la navigation.

N° 47. — *25 novembre 1905.*

Mesure par la photographie de la hauteur des vagues de la mer, par W. Laas.

Régénération de la chaleur et réchauffage intermédiaire dans les turbines à vapeur, système Knoning-Nadrowski, par J. Nadrowski et O. Dahlke *(fin).*

Nouveau gazogène pour force motrice, par R. Schöttler *(fin).*

Installation mécanique des magasins Hermann Tiez, à Munich, par J. Weil.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Construction des diagrammes de la vapeur sur le principe de Gutermuth.

Groupe de Dresde. — Nouveaux progrès dans la question de la construction des turbines à vapeur.

Groupe de Lausitz. — Les forces hydrauliques dans les Alpes.

Groupe de Mannheim. — Le nouvel abattoir de Ludwigshafen.

Revue. — La fabrication des tubes soudés. — Machines d'extraction. — Les ponts sur l'East River.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Notes sur la Dynamique de l'Aéroplane (1), par M. Vallier, correspondant de l'Institut.

Dans une série d'articles récemment publiés par la *Revue de Mécanique*, M. le Colonel Vallier, auteur de si remarquables travaux de Balistique, applique ses fortes qualités d'analyste à l'étude du délicat problème de l'Aviation.

Vaines théories, penseront ceux qui nient l'efficacité des mathématiques en pareille matière. Non point, si l'on ne s'embarrasse pas des conceptions abstraites professées *ex cathedra*, et si l'on sait tenir constamment le calcul en harmonie avec les enseignements de l'expérience. C'est ce qu'a tenté de faire le Colonel Vallier, et il y a réussi dans les limites trop étroites de nos connaissances sur les lois si complexes de l'Aérodynamique.

Il ne s'agit donc pas d'un projet particulier d'aéroplane, mais d'une étude de saine Mécanique appliquée, où l'auteur se propose surtout d'évaluer la puissance nécessaire à la sustentation de divers types généraux : aéronat avec action verticale du moteur, hélicoptère, enfin aéroplane dans l'hypothèse d'un moteur directement appliqué, puis dans l'hypothèse d'un moteur actionnant un propulseur hélicoïdal. Ce dernier avatar, bien qu'il soit le plus en faveur dans le monde de l'aviation, M. Vallier l'estime irréalisable, parce qu'il lui semble exiger de très grandes vitesses de translation, pour lesquelles le propulseur serait précisément sans efficacité.

Cette remarque sur la dépendance réciproque entre la vitesse du corps propulsé et le rendement du propulseur n'est nullement inédite. Pour ma part, je l'ai clairement formulée, notamment dans une communication sur l'hélice faite dans l'*Aéronaute* avec notre collègue M. E. Henry, et dans un mémoire, publié dans notre *Bulletin*, où j'ai montré que, peu après l'essor, les oiseaux dits rameurs ne sauraient ramer. En résulte-t-il que l'aéroplane classique soit irréalisable? Pas nécessairement, attendu que les grandes vitesses ne sont indispensables qu'avec des voilures ordinaires. Il convient donc de considérer aussi l'élément que le Colonel Renard a très heureusement appelé « la qualité de l'aile ». Or, aux faibles incidences, certaines voilures peuvent avoir une qualité dix, vingt, cinquante fois plus grande que le plan de même surface; résultat déconcertant à première vue, mais qu'on s'explique en recherchant, comme je l'ai fait ici même, l'énorme influence du mode d'écoulement des filets fluides sur la valeur de la résistance de l'air.

A n'en pas douter, la voilure de l'oiseau réalise le modèle des voilures

(1) In-4°, 320 × 225 de 98 pages. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix, broché : 3 fr. 50.

optima. Mais, comment obtenir une qualité d'aile du même ordre avec les voilures grandes et légères indispensables aux navires aériens? comment, avec ces frêles constructions, maintenir l'angle d'attaque entre les étroites limites hors desquelles la chute est inévitable? et l'excès même dans la qualité de l'aile n'est-il pas un danger permanent, puisque la moindre déformation fera d'autant plus tomber le pouvoir sustentateur que cette qualité sera plus parfaite? Voilà, en quelques mots, les véritables écueils de la sustentation de l'aéroplane. Quoi qu'il en soit, il convient de modifier ainsi la conclusion du Colonel Vallier : ou la voilure n'aura pas une qualité élevée, et il faudra, pour la sustentation, des vitesses considérables, incompatibles avec le jeu de l'hélice; ou la voilure aura une qualité de même ordre que celle de l'oiseau, et la sustentation sera précaire et éminemment dangereuse.

Le rejet de l'aéroplane ordinaire conduit le Colonel Vallier à préconiser l'aéroplane associé à l'hélicoptère, système qu'il appelle aéroplane mixte, expression que l'usage semble avoir réservée à l'aéroplane associé au ballon. Cette conclusion est défendable, et l'auteur l'appuie sur d'intéressants calculs; avouerai-je toutefois que j'ai quelque méfiance à l'endroit des calculs appliqués à un hélicoptère animé d'un mouvement de translation, et qui n'est lui-même, en fin de compte, qu'un aéroplane diantrement complexe!

Cette savante et consciencieuse étude ne contient que peu de développements sur l'équilibre; après avoir rappelé les expériences et les formules Joëssel et Soreau sur la distance du point d'application au bord d'attaque, l'auteur se borne à indiquer les positions relatives les plus favorables pour diminuer les moments perturbateurs. Il est regrettable que le Colonel Vallier n'ait pas appliqué ses grandes qualités d'analyste à une étude moins superficielle de cette question capitale. Disons-le bien haut : dans la recherche du plus lourd que l'air, la sustentation est d'une bien moindre importance que l'équilibre; en l'état actuel, il s'agit beaucoup moins d'élever ou de soutenir un appareil, que de le combiner de façon qu'il revienne de lui-même à sa position normale après une rupture d'équilibre, même brusque et violente. Telle doit être, avant tout, la constante préoccupation des aviateurs.

R. Soreau.

Notions fondamentales relatives aux déformations élastiques et permanentes, par M. H. Bouasse, professeur de physique à l'Université de Toulouse (1).

L'ouvrage de M. Bouasse ne vise pas la technique des méthodes d'essai; c'est simplement une introduction mécanique à l'emploi de ces méthodes, permettant d'en tirer, par des calculs simples, des indications précieuses et intéressantes.

Cet ouvrage peut, en quelque sorte, être considéré comme la préface de la *Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers* qu'a

(1) In-8°, 250 × 165, de 150 p. avec 54 fig. Grenoble, A. Gratier et J. Rey; Paris, Gauthier-Villars, 1905. Prix : broché, 5 francs.

éditée dernièrement la Société pour l'encouragement de l'Industrie nationale et permet de mieux saisir les caractéristiques et les conséquences des essais qui y sont relatés.

Sans doute l'auteur lui-même reconnait que les théories mathématiques se rapportant à la résistance des matériaux sont encore dans l'enfance et ne peuvent aujourd'hui donner que des indications; mais leur application à des essais dont on connait les données exactes donneront des résultats précieux et surtout comparatifs, ce qui est indispensable pour arriver à édifier une théorie rationnelle complète de la résistance des matériaux et de leurs déformations élastiques ou permanentes sous des actions extérieures.

Il y a donc le plus grand intérêt à établir les bases sur lesquelles peut s'édifier cette théorie et surtout à définir un certain nombre d'expressions courantes, souvent détournées de leur sens et qui, par suite, prêtent à des confusions fâcheuses et qu'il importe d'éviter. C'est ce que fait M. Bouasse dans un premier chapitre.

Il aborde ensuite l'étude des courbes de déformation correspondant aux divers genres d'efforts, en définit les propriétés et s'arrête longuement sur la limite d'élasticité, si importante dans les essais expérimentaux.

Après avoir étudié les déformations élastiques, tant au point de vue théorique qu'au point de vue expérimental, il considère les déformations permanentes et conclut en signalant les contradictions existant entre les diverses théories actuellement en cours.

Se basant sur la théorie de Coulomb, qui lui parait la plus probable, il esquisse, très sommairement, les conditions que doit, à son avis, remplir une théorie rationnelle de la résistance des matériaux.

Cet ouvrage rendra certainement des services dans les ateliers d'essai, si nombreux aujourd'hui, en permettant de coordonner suivant un plan rationnel et au moyen de calculs simples les résultats des divers essais exécutés. On ne saurait donc qu'en recommander la lecture aux Ingénieurs qui s'occupent spécialement de cette partie de la mécanique.

G. Hart.

Instructions à l'usage des conducteurs de moteurs à gaz et à pétrole, par C. Lambotte (1).

Dans cette brochure, l'auteur décrit succinctement les moteurs à combustion interne, et donne des instructions judicieuses, sinon nouvelles, pour le réglage, la mise en marche, l'entretien, etc.; il expose les causes de dérangements et indique les remèdes à y apporter; enfin il résume les qualités à exiger de ces différents moteurs.

R. S.

(1) In-8°, 235 × 155, de 67 p. avec 5 fig. Liége, Nierstrasz, 1906. Prix : broché, 2 francs.

Les origines de la Statique (1), par P. Duhem, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

La longue et patiente recherche des origines de la Statique dans les manuscrits eux-mêmes, la discussion approfondie des textes, la reconstitution du lent travail d'évolution des idées sur la Mécanique dans l'Antiquité, au Moyen Age et à la Renaissance, tel est le fond du livre de haute érudition dont le savant professeur à la Faculté de Bordeaux vient de publier le premier tome.

Très touffu, manquant un peu d'ordre — ce dont l'auteur s'excuse du reste dans sa préface, — mais écrit d'une plume alerte et parfois agréablement combattive, cet important ouvrage aurait soulevé sans doute plus d'un débat s'il n'était venu à une époque que sa propre activité rend indifférente aux discussions scolastiques, et assez peu curieuse de doser la part d'influence qu'ont eue, sur les idées mécaniques modernes, la féconde doctrine d'Aristote, l'impeccable méthode déductive d'Euclide et d'Archimède, puis les vues si profondes écloses au sein des écoles du XIII[e] siècle avec Jordanus et ses disciples.

La partie originale du travail de M. Duhem est précisément la mise en lumière de ces importantes découvertes du Moyen Age et de leur décisive influence sur les théories formulées depuis Léonard de Vinci jusqu'à Galilée, théories dont l'aboutissement a été la Statique cartésienne.

Chose digne de remarque et bien faite pour abaisser l'orgueil de notre érudition : sauf Jordanus de Nemore, — dont nous ne savons d'ailleurs pas exactement quelle fut la nationalité, ni même à quelle époque il vécut, — nous ignorons jusqu'aux noms de ces grands penseurs du XIII[e] siècle; il faut nous contenter de les désigner sous l'appellation collective d'« école de Jordanus ». Ce dernier eut un disciple de génie qui, entre autres problèmes, résolut celui de l'équilibre de deux corps sur le plan incliné, trois cents ans avant Galilée et Stevin : de ce disciple, appelé à prendre une place hors pair dans l'histoire de la Mécanique, nous ne connaissons rien; « Précurseur de Léonard de Vinci », c'est sous ce long vocable que M. Duhem le cite dans les nombreux passages où il démontre son influence certaine sur les auteurs de la Renaissance.

Cette science de l'équilibre, dont nous sommes aujourd'hui si légitimement fiers, dérive donc, par une évolution dont M. Duhem a su marquer les phases graduelles, de la science qui naquit vers l'an 1200. Ainsi, à l'encontre de l'opinion courante, le Moyen Age apparaît comme une époque particulièrement brillante dans une des manifestations les plus lumineuses de la pensée humaine : les textes cités, leur discussion très serrée mettent cette conclusion hors de doute.

Mais cette réhabilitation inattendue semble avoir entraîné l'auteur à faire, sur l'œuvre des géomètres qui suivirent, des réserves que le monde savant trouvera peut-être excessives. Certes, la prétendue révo-

(1) In-8°, 255 × 165, de IV-360 pages, avec 93 figures. Paris, A. Hermann, 1905. Prix : broché, 10 francs.

lution intellectuelle de la Renaissance se réduit — du moins en Statique — à une évolution lente et longuement préparée, car rien n'est alors créé dont les germes ne se trouvent dans les travaux de l'École de Jordanus. Toutefois, la semence n'est pas la moisson. C'est surtout dans ses appréciations sur Galilée et sur Descartes que M. Duhem ne ralliera sans doute pas tous les suffrages. Il estime que la Dynamique de Galilée ne vaut guère mieux que celle de ses devanciers, et que sa Statique n'ajoute rien à ce qui a été trouvé avant lui. Quant à la Statique de Descartes, après en avoir fait le plus grand éloge, il écrit qu'elle ne contient « aucune vérité que les hommes n'aient connue avant lui. Aveuglé par son prodigieux orgueil, Descartes est convaincu qu'il connaît seul les vrais fondements de la Statique, et qu'il les a bâtis de toutes pièces sur un sol déblayé par sa critique de toutes les caduques bicoques que les autres géomètres y avaient élevées. » D'aucuns continueront a estimer que le grand géomètre, au génie si clair et si éminemment français, a été du moins l'architecte puissant qui, de ces mêmes matériaux dont ses devanciers avaient construit des édifices plus ou moins élégants et solides, sut élever un monument aux assises robustes, aux formes durables, aux lignes harmonieuses. Les travaux du Moyen Âge, si intéressants qu'ils soient, ne paraissent pas de nature à diminuer l'œuvre du profond penseur qui assit toute la Statique sur le principe des déplacements virtuels, et qui, de l'aveu même de M. Duhem, lui donna assez d'autonomie pour qu'elle pût se développer suivant la majestueuse rigueur de la méthode euclidienne, assez de souplesse pour qu'elle se rattachât néanmoins à la Dynamique par ce beau concept du travail, germe fécond d'où jaillira la science moderne de l'équilibre et du mouvement.

R. Soreau.

Thermodynamique. *Introduction à l'étude des machines thermiques*, par M. L. Marchis, Professeur-adjoint de physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux (1).

Nous avons présenté à nos lecteurs, à la page 403 du *Bulletin* de mars la première partie de la thermodynamique de M. Marchis, intitulée « *Notions fondamentales* », en insistant sur sa remarquable clarté. Cette qualité, aussi rare que précieuse, se retrouve au plus haut degré dans la seconde partie qui renferme, présentée dans un ordre logique, l'exposé méthodique net et précis des connaissances relatives aux gaz et aux vapeurs indispensables à tous ceux qui s'occupent de la théorie, et même de la pratique des machines thermiques et frigorifiques, et des applications des gaz comprimés ou dilatés. On y trouvera, notamment, des données très importantes et peu connues en dehors des spécialistes, sur les propriétés des gaz et vapeurs aux environs de leurs points critiques — tel est le cas de l'acide carbonique dans les machines frigorifiques. — Si l'on ajoute que les formules de cet ouvrage sont, très sou-

(1) In-8°, 250×165 de III-255 pages, avec 16 figures. — Grenoble, A. Gratier et J. Rey, Paris, Gauthier-Villars, 1905. Prix : broché, 5 francs.

vent, illustrées par des tableaux et des exemples numériques qui en facilitent l'application et en expliquent la portée, il sera presque inutile d'ajouter que ce livre fait, comme le précédent, grand honneur à son auteur, et à sa place tout indiquée chez les Ingénieurs mécaniciens.

G. R.

IVe SECTION

Les petits métaux : titane, tungstène, molybdène (1), par M. P. Truchot, Ingénieur chimiste. Un volume de l'*Encyclopédie scientifique des aide-mémoire*, publié sous la direction de M. Léauté.

M. P. Truchot a réuni, dans ce volume, les principaux renseignements techniques concernant les petits métaux : titane, tungstène, molybdène, qui préoccupent aujourd'hui si vivement les métallurgistes, en raison de l'influence marquée qu'ils peuvent exercer sur les propriétés de l'acier.

L'auteur consacre à chacun de ces métaux un chapitre historique particulièrement intéressant ; il y rappelle les conditions dans lesquelles ils ont été découverts, et il indique en même temps les principaux minerais et l'importance de leurs gisements.

C'est ainsi que nous apprenons que le titane, qui fut découvert en 1791 par un prêtre anglais, W. Gregor, dans un sable noir de Menachan (Cornouailles) dont il reçut d'abord le nom, n'est pas un métal rare, comme on le croit communément, mais forme, au contraire, avec le vanadium, l'un des principaux constituants de la croûte terrestre. Il se rencontre, en effet, dans les roches cristallines, et il se retrouve, par suite, bien qu'en proportions très faibles, dans toutes les argiles qui en proviennent.

Quant au tungstène, dont la découverte fort discutée parait bien due à Scheele, qui l'a trouvé en 1781, il se rencontre aussi dans des gisements assez fréquents, mais aucun d'eux, toutefois, ne présente une grande importance.

Les minerais de tungstène sont souvent associés avec ceux d'étain, et ils étaient connus à ce titre des anciens métallurgistes avant qu'on ait réalisé l'isolement de ce métal. Les mineurs de Cornouailles considéraient, en effet, ce minerai comme particulièrement gênant, car il empêchait la réduction de l'étain et en facilitait la scorification. D'après eux, il mangeait l'étain *comme le loup dévore la brebis*, et ce dicton aurait fourni le point de départ du nom de *wolfram* ainsi appliqué à ce minerai.

En ce qui concerne le molybdène, il a été découvert, en 1778, par Scheele, Celui-ci le retira d'un minerai particulier, auquel il donna le nom de molybdénite, en empruntant la désignation grecque du graphite pour marquer la grande analogie qu'il présente avec ce corps.

(1) In-8° 190 × 120 de 189 pages. — Paris, Gauthier-Villars ; G. Masson, 1905. Prix : broché, 2,50 f.

Les deux principaux minerais de ce métal sont la molybdénite, et la wolfénite dont les gisements sont assez rares. M. Truchot indique d'ailleurs l'emplacement des gisements des principaux minerais mentionnés dans son ouvrage, et il donne pour chacun d'eux des renseignements statistiques et commerciaux qu'on lira avec fruit.

L'auteur résume ensuite en détail les procédés d'analyse et de dosage de ces minerais, ainsi que les procédés de séparation des divers métaux qu'ils contiennent, et, à ce titre, son ouvrage sera consulté avec grand intérêt par les Ingénieurs chimistes.

M. Truchot s'attache enfin à la question métallurgique proprement dite, il décrit, en les résumant, les procédés d'enrichissement et de traitement des minerais.

Il montre en particulier que les minerais titanifères renfermant généralement 10 à 20 0/0 de titane, se recommandent par leur faible teneur en phosphore et en souffre, et ils pourraient même être appliqués utilement à la préparation de la fonte; mais il reconnaît toutefois que les essais pratiqués jusqu'à présent dans cette voie ont dû être abandonnés, car l'emploi de ces minerais présente l'inconvénient de provoquer une augmentation considérable dans la consommation du combustible: d'autre part, il donne lieu à la formation de dépôts titanifères entravant la bonne marche des fours et surtout à celle de scories épaisses coulant fort mal.

L'auteur signale, d'autre part, les principales applications que ces métaux peuvent recevoir dans la préparation des aciers spéciaux.

En s'aidant des beaux travaux de M. Léon Guillet, il rappelle que les aciers renfermant moins de 10 0/0 de titane ne sont aucunement modifiés dans leur structure; ils ne paraissent donc pas jusqu'à présent présenter aucun intérêt industriel.

Les aciers au tungstène dont on connaît depuis longtemps la texture soyeuse qui leur donne un aspect bien caractéristique, prennent au contraire un intérêt tout particulier, ainsi que l'ont montré les recherches de MM. Hadfield, Osmond et Guillet.

On connaît du reste cette propriété si remarquable du tungstène qui, avec un acier à teneur en carbone déterminée, permet d'obtenir des aciers à outils dits *auto-trempants*. Ceux-ci peuvent supporter une très forte élévation de température sans perdre de leur dureté, et ils durcissent à l'air après forgeage sans qu'on ait besoin de recourir aux procédés de trempe ordinaires.

Quant au molybdène, il agit d'une manière analogue à celle du tungstène, surtout avec les aciers à carbure double, mais son action est beaucoup plus marquée, car il suffit que ce métal soit ajouté en proportion quatre fois moindre pour produire les mêmes effets.

Sur les aciers durs, le molybdène augmente l'allongement de rupture dans une proportion pouvant atteindre 45 0/0.

Ajouté aux aciers chromés les plus durs, dans la proportion de 1 0/0, il permet de les travailler facilement.

L. Baclé.

Les châssis à molettes. Disposition et calcul.
par L. Lemaire (1).

Le but de l'auteur — directeur-gérant des ateliers de la Bleuse-Borne d'Anzin, — en écrivant cet ouvrage, a été de donner des types de calculs de châssis applicables aux deux modes d'extraction actuellement employés : le système par tambours ou bobines et le système Kœpe.

Un court exposé préliminaire des données nécessaires à l'établissement de l'avant-projet du châssis (chap. I et II) est suivi de la description des dispositions préconisées par l'auteur pour les barres des châssis (chap. III). Il conseille l'emploi de montants spéciaux, distincts de l'avant-carré, ou charpente extérieure du puits, dans le cas de l'extraction par tambours ou bobines; tandis que l'avant-carré servira de montants avec le système Kœpe, d'où une simplification de construction. Les chapitres IV et V indiquent la marche à suivre pour la recherche des efforts dans les différentes barres et la détermination des sections, tant pour l'extraction normale que pour le cas de rupture du câble.

Les deux chapitres suivants, ainsi que l'appendice, donnent des exemples numériques d'application des principes précédents à trois cas particuliers réalisés par l'auteur, les planches qui se trouvent à la fin du volume donnant tous les détails nécessaires pour suivre le texte.

Le travail de M. Lemaire sera consulté avec fruit par tous les Ingénieurs qui ont à étudier l'agencement d'un nouveau chevalement ou la réfection d'un chevalement en service.

J.-G. B.

Ve SECTION

Législation des Accidents du Travail *(Encyclopédie des Aide-Mémoire)*, par Louis Guillet, Inspecteur du travail dans l'industrie (2).

Au moment où la loi du 9 avril 1898 sur les responsabilités des accidents du travail vient d'être aggravée par le vote des lois du 22 mars 1902 et du 31 mars 1905, il est intéressant que les industriels connaissent bien les obligations qu'elles imposent pour qu'ils puissent, en toute connaissance de cause, contracter les assurances nécessaires pour se garantir contre des risques nouveaux. C'est le but que cet aide-mémoire remplit parfaitement; il expose non seulement avec beaucoup de clarté la genèse de la loi, l'étudie sous toutes ses faces; mais encore, en résumant plus de douze cents jugements ou arrêts des Tribunaux civils, des Cours d'appel et de la Cour de Cassation, il initie le lecteur à la jurisprudence, qui, il faut le constater à regret, ne brille pas toujours par une unité et même souvent par une logique impeccable.

L'auteur étudie le domaine d'application de la loi : ce domaine tend à englober tous les salariés, à quelque industrie ou commerce qu'ils

(1) In 8° 240 × 165 de 47 p. avec 6 pl. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 4,50 f.

(2) In-8°, 190 × 120, de 200 p. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie. Prix : broché, 2 fr. 50.

appartiennent: les indemnités. la prescription, la compétence et la procédure; enfin. la garantie et les assurances.

Dans plusieurs chapitres sont traités : l'assujettissement des ateliers, les maladies professionnelles que l'on veut assimiler à des accidents, les maladies constitutionnelles, les cas de force majeure, les éléments constitutifs du salaire de base, les ouvriers à salaire élevé, la faute inexcusable, le cumul des rentes, le tiers responsable, l'assistance judiciaire et le contrat d'assurance. L'auteur termine par un barème des indemnités accordées par les tribunaux en cas d'incapacité permanente partielle et comprenant près de deux cents décisions diverses.

Nous pensons qu'avec cet aide-mémoire les industriels pourront plus facilement faire des contrats d'assurance leur procurant une protection efficace, et qu'ils ne seront plus obligés, parfois, à payer des primes hors de proportion avec les risques qu'ils encourent.

Paul Besson.

Les Carburateurs (1), par L. Périssé.

Dans son avant-propos, l'auteur parle de l'importance du rôle du carburateur, et rappelle que son ouvrage a pour but de fixer les progrès accomplis après dix années d'expériences, et de dégager les règles qui doivent servir à établir les carburateurs de fonctionnement irréprochable.

De plus. il convient de s'efforcer d'indiquer à tous les nombreux constructeurs de l'époque actuelle quelles sont les voies à suivre pour que le succès couronne leurs efforts.

L'auteur étudie les différentes sortes de carburateurs.

Il étudie spécialement ceux qui ont pour but d'utiliser l'essence de pétrole. liquide volatil et n'encrassant pas. Cependant. il convient de ne pas perdre de vue les carburateurs destinés à utiliser les produits plus lourds; ces appareils peuvent être appelés carburateurs-vaporisateurs.

Enfin. il faudrait faire une classe spéciale pour les carburateurs à alcool.

Ce livre est divisé en plusieurs chapitres. dont voici la nomenclature :

Préliminaires. Définitions. Historique. Théorie élémentaire de la carburation. Principes généraux de la construction des carburateurs. Carburateurs à essence. Carburateurs-vaporisateurs.

Somme toute. l'auteur étudie plus spécialement les carburateurs à essence et les carburateurs-vaporisateurs.

Le cadre trop restreint dont nous disposons ne nous permet pas d'en reproduire les descriptions même succinctes, aussi ne saurions-nous trop engager les nombreuses personnes que la question intéresse à lire et relire avec soin cet excellent travail qui. sous une apparence modeste. constitue une véritable petite encyclopédie. tout à fait digne de l'éminent ingénieur qui l'a signée.

(1) In-8°, 190 × 120 de 173 pages avec 16 figures. Paris, Gautier-Villars; Masson et Cie, 1905. Prix : broché, 2,50 f.

La Dominatrice du Monde et son Ombre (1), par le docteur Felix Auerbach, Professeur à l'Université d'Iéna. Édition française par le docteur E. Robert-Tissot, médecin à la Chaux-de-Fonds (Suisse).

Ce petit ouvrage est une conférence sur l'Énergie et l'Entropie, un discours scientifique de haute portée philosophique. Le principe de la conservation de l'énergie, éclos au milieu du XIX[e] siècle, domine toute la seconde moitié du siècle passé, dont l'évolution scientifique porte la trace indélébile.

Pour nous, ce principe est aussi naturel et aussi évident que celui de la conservation de la matière; nos pères, eux, ont été surpris devant sa splendide généralité. La tendance de la science moderne est de fondre ces deux principes l'un dans l'autre.

M. Auerbach fait un discours, non devant des savants spécialistes, mais simplement devant des amis de l'étude scientifique. Son style est imagé, vaporeux, souvent empreint de la vague poésie chère à l'esprit allemand. La traduction du docteur Robert-Tissot serre le texte allemand de très près, mais il s'en écarte suffisamment pour satisfaire notre clarté française. C'est un exposé populaire du principe de la conservation de l'énergie, derrière cette énergie, qui va en se dégradant, s'étend ce que l'auteur appelle son ombre, qui s'allonge comme le font les ombres des objets; quand le soleil, à la fin de sa course, se couche à l'horizon. Cette entropie, qui augmente sans cesse, tend à tout niveler, suivant le principe formulé par Carnot. Tous les phénomènes de la nature sont des transformations de l'énergie; le changement est le caractère commun à tous les phénomènes naturels qui tendent au nivellement. Les recherches sur la radioactivité montrent que cette tendance appartient aussi à la matière. A la suite d'une impulsion préhistorique, comme roulant sur une pente indéfinie, notre monde tend de chute en chute à gagner une plaine infinie.

Paul Besson.

Les Déchets industriels, par Paul Razous (2).

Les transformations successives que subissent les matières premières, pour aboutir au produit final, donnent naissance à des résidus et à des déchets que, par négligence, quelques manufacturiers font entrer dans la masse des rebuts.

En sa qualité d'Inspecteur du travail dans l'Industrie, M. Razous a été amené à recueillir des renseignements sur la captation de certains produits résiduaires qui portaient atteinte à la salubrité du voisinage ou du personnel des Usines.

Il a eu aussi l'occasion de se rendre compte, en raison des visites qui rentraient dans le cadre de ses obligations professionnelles, du profit

(1) In-16, 185 × 115 de xv-86 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1905. Prix, broché : 2,75 f.

(2) In-8, 255 × 165 de 379 p. avec 101 fig. — Paris, Veuve Ch. Dunod 1905, prix broché : 12 fr. 50.

commercial que le traitement des résidus et déchets pouvait procurer aux industriels, et il a noté avec soin les progrès réalisés à ce sujet dans ces dernières années.

Le classement judicieux de tous les renseignements recueillis, et l'étude poussée plus à fond du traitement de certains résidus plus particulièrement intéressants, lui ont permis de présenter son travail sous une forme commode à consulter.

La question de l'utilisation des déchets et sous-produits communs a la plupart des usines, est l'objet d'un développement particulièrement important, qui est suivi par l'étude de l'utilisation des sous-produits des mines et usines métallurgiques; des usines de constructions mécaniques; du travail du bois, du liège et de l'industrie textile; des déchets de distillerie; des industries sucrières, laitières; des brosseries, amidonneries, féculeries, huileries; du travail du papier, des cuirs; des savonneries, stéarineries, usines à gaz et d'un grand nombre d'industries chimiques.

L'auteur consacre un chapitre particulier à l'examen des principes généraux qui doivent présider à l'étude logique et rationnelle de l'utilisation d'un résidu quelconque.

Il n'a point manquer de donner à la question de la captation des poussières et des matières pulvérulentes la place importante qui lui était due.

H. Laurain.

Traité pratique d'Electrochimie (1), par M. Richard Lorenz. Professeur à l'Ecole Polytechnique de Zurich; refondu d'après l'édition allemande par Georges Hostelet.

L'édition allemande de ce livre ne comprenait que l'exposé des expériences que M. Lorenz faisait exécuter par ses élèves de l'École Polytechnique de Zurich. Le traducteur a pensé qu'il était nécessaire d'adopter, pour le lecteur français, un point de vue plus systématique, et s'est alors entendu avec l'auteur pour constituer une méthode progressive d'enseignement au laboratoire, aussi bien pour faire saisir l'esprit des théories, que pour apprendre à trouver en elles un guide de travail expérimental.

L'ouvrage est divisé en trois parties: la première traite des lois et réactions fondamentales de l'Électrochimie; la seconde étudie spécialement l'Électrolyse des solutions aqueuses; la dernière partie est consacrée à l'Électrochimie appliquée; elle constitue un essai d'application des méthodes de mesures à la recherche des conditions propres à favoriser des réactions déterminées.

On peut considérer que ce livre est destiné à faciliter au chimiste l'étude de l'Électrochimie, et c'est pour ce motif que l'auteur a cru utile d'expliquer, avec quelques détails et la précision voulue, les méthodes de mesures électriques qui lui sont indispensables.

H. Laurain.

(1) In-8, 230 × 140 de vi. — 323 p. avec 77 fig. — Paris, Gauthier-Villars 1905, prix broché : 9 francs.

Carburation et Combustion dans les Moteurs à alcool (1),
par E. Sorel.

Ce livre est un des plus intéressants qui aient jamais été écrits sur ce sujet.

Dans l'introduction, l'auteur parle des différents systèmes de moteurs, et rappelle que c'est en 1860 que Lenoir créa le moteur à double effet. Pour la simplification de construction, on créa un moteur à simple effet, et Beau de Rochas trouva le cycle à quatre temps, qui supprime la pompe de compression.

Actuellement, une machine à vapeur exige 7,5 m^3 de gaz par cheval-heure, tandis que le moteur à combustion interne n'en consomme que 3 m^3.

Depuis 1900, deux concours ont été faits par le Ministère de l'Agriculture pour permettre que l'alcool, produit national, remplace le pétrole et ses dérivés.

Le résultat de ces concours est que le rendement thermique de l'alcool dépasse celui des carbures concurrents.

Ce livre est divisé en plusieurs parties et plusieurs chapitres, dont voici la nomenclature :

Première partie : La Combustion; Notions sur la combustion des mélanges gazeux; La combustion pratique dans les moteurs;

Deuxième partie : La Carburation; Généralités; Température de vaporisation; Étude critique des carburateurs;

Troisième partie : Influence des températures inférieures à la température de combustion; Généralités; Action instantanée de températures relativement modérées sur les vapeurs des alcools ou de leurs dérivés; Action lente de températures relativement modérées sur les vapeurs des alcools ou de leurs dérivés; Action simultanée de la chaleur et de l'oxygène; Action des métaux à l'abri de l'oxygène libre; Résumé des études chimiques sur l'alcool industriel.

L'espace qui nous est alloué ici nous empêche de les analyser en détail : ce travail est tellement compact et documenté que le résumé en est très difficile, pour ne pas dire impossible. Il convient donc seulement d'en donner le résumé et les conclusions.

Le problème actuel est excessivement compliqué, vu que les alcools fournis diffèrent souvent par leur composition, par les comburants ajoutés, et par les dénaturants employés et actuellement imposés par la régie.

De plus, comme le fait très bien remarquer l'auteur, l'action de la chaleur (qui est déjà très variable par elle-même) est encore compliquée par celle des métaux usuels.

Enfin, le temps suivant lequel l'alcool reste en contact avec les différents métaux paraît également jouer un rôle des plus importants.

(1) In-8°, 225 × 140 de 280 pages avec 23 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 8 f.

L'auteur fait remarquer, et avec raison, que pour que la déflagration s'opère dans de bonnes conditions, il convient d'augmenter la compression par rapport à ce qu'elle est dans les moteurs à essence correspondants : un des moyens d'y parvenir est d'augmenter le rapport de la course au diamètre du cylindre.

Dans ces conditions, l'alcool peut avoir un rendement thermique relativement très élevé, et donne une marche assez douce — intermédiaire entre la détente de la vapeur et le brusque choc des moteurs à essence. — De plus, les odeurs disparaissent, sauf tout à fait au départ.

L'auteur estime que, pour allier ces conditions, il faut un distributeur fournissant une quantité constante de liquide combustible dans un volume qui contient au moins 1,3 fois la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion intégrale, et qu'il faut éviter un échauffement préalable exagéré, tout en fournissant les calories nécessaires à la vaporisation complète.

VIe SECTION

Les clapets électrolytiques (1), *Thèse de Doctorat* soutenue par M. A. Nodon.

Dans cette étude, M. Nodon rappelle tout d'abord les principes et donne la description des organes des clapets électrolytiques. Puis il examine la nature et la forme de leur courant; leur fonctionnement avec le montage en pont de Wheatstone; l'influence de l'électrolyte; la variation de la force électromotrice avec le débit; l'influence du cloisonnement, de la température, de la surface de l'anode, des circuits inductifs extérieurs sur les constantes du courant redressé, etc. M. Nodon termine par l'exposé des diverses applications industrielles des clapets.

Des schémas et de nombreux graphiques obtenus avec l'ondographe Hospitalier permettent de se rendre compte des phénomènes observés dans l'étude de ces clapets.

P. S.

Le four électrique, par M. Adolphe Minet (2).

La partie parue de cet ouvrage n'est que le premier d'une série de cinq fascicules qui le composera et qui contiendra le résumé des recherches et des travaux qui se sont effectués au moyen du four électrique depuis son origine jusqu'à la publication du dernier volume.

On trouve à l'introduction le programme de l'ouvrage dont chaque fascicule comprendra, après quelques considérations générales, une partie descriptive et une partie théorique,

(1) In-8°, 240 × 155 de 68 p. avec 49 fig. Paris, Vve Ch. Dunod; Bordeaux, G. Delmas, 1905. Prix : broché, 4 f.

(2) In-285 × 190 de 74 p. avec 8 portraits hors texte, 49 figures, 20 tableaux. — Paris, A. Hermann, 1905.

Les considérations générales du premier volume portent surtout sur une classification des fours et sur l'ordre qui sera suivi dans leur étude. Cet ordre sera sensiblement chronologique mais en divisant leur évolution en trois étapes nettement caractérisées :

Première période (1808-1886), celle des fours de laboratoire;

Deuxième période (1886-1890), celle des fours industriels, caractérisée par l'emploi des forces naturelles et la production de l'aluminium;

Troisième période (1890 à nos jours) celle du développement des applications industrielles; carbure de calcium, ferro-alliages, électrosidérurgie.

La partie descriptive du premier fascicule comprend la première période, celle des fours de laboratoire. L'auteur décrit les types de fours d'origine (1808-1844) qui mettent en évidence la puissance calorifique de l'arc et montrent la possibilité d'électrolyser les corps fondus. Il étudie l'arc voltaïque, ses propriétés et, en signalant les difficultés qu'éprouvèrent les inventeurs, est conduit à l'historique des électrodes et de leur fabrication actuelle.

Un chapitre important est consacré à l'électrolyse par fusion ignée qui cherche à séparer les métaux des oxydes dits irréductibles par le carbone. Successivement sont examinées : l'électrométallurgie de l'aluminium, du magnésium, du lithium, du potassium et du sodium et des métaux alcalino-terreux.

Dans chacune de ces recherches les procédés et les appareils sont présentés dans l'ordre chronologique. Les descriptions sont suivies par des généralités sur l'électrolyse par fusion ignée.

Une description d'une série importante de fours de diverses catégories qui parurent entre 1849 et 1856 et une bibliographie terminent la partie descriptive.

La partie théorique est divisée en trois chapitres :

Le premier rappelle les définitions des unités et grandeurs physiques;

Le deuxième étudie les systèmes et les cycles électriques; après leur définition et leur classification, l'auteur passe en revue leurs propriétés et les lois qui les régissent.

Le troisième chapitre traite des lois fondamentales de l'électrochimie. La détermination, soit par le calcul soit par expérience, des constantes physiques et chimiques, la théorie d'Arrhénuis, la dissociation des électrolytes, les propriétés des ions, sont successivement étudiées, tandis que de nombreux tableaux intercalés dans le texte renferment les résultats qui peuvent être utiles à l'Ingénieur.

L'ensemble du fascicule est présenté sous une forme méthodiquement divisée et excessivement condensée.

Le nom même de l'auteur dispense de tout autre appréciation.

Des indications sommaires sur les alliages d'aluminium et l'aluminothermie terminent ce qui se rapporte à ce métal.

L'électrosidérurgie, qui vient ensuite, contient, sauf quelques compléments sur les procédés Gin et Keller, à peu près les mêmes éléments que la brochure connue de Borchers et Garnier (1903). On peut regret-

ter de ne retrouver, dans cette partie de l'ouvrage, aucune allusion à Ziani de Ferranti qui fut un véritable précurseur et de trouver certaines conceptions qui n'ont jamais été réalisées décrites avec plus d'ampleur que, par exemple. les travaux si importants et si méritoires du major Stassano. Enfin, il serait à souhaiter de voir certains prix de revient quelque peu fantaisistes remplacés par des renseignements plus réels.

Dans les trois derniers chapitres on trouve l'un d'eux consacré uniquement à la préparation du silicium et de ses dérivés, notamment du ferro-silicium et du siliciure de carbone (carborundum).

La fabrication du verre et la soudure électrique des métaux sont respectivement les éléments importants des deux derniers chapitres, en raison de l'avenir qui paraît devoir être réservé à ces applications de l'électricité. Des compléments sont tirés de l'étude d'un grand nombre d'autres fabrications ou emplois, tels que : production de la vapeur. fabrication de l'alumine, du phosphore, du sulfure de carbone, de la baryte, etc. et enfin des nitrates, ces derniers peut-être trop sacrifiés aux précédents si l'on en juge par les perspectives de développement que leur énorme débouché permettrait d'envisager à leur fabrication.

L'ouvrage en lui-même constitue un groupement d'une grande quantité de documents analysés, condensés et ordonnés méthodiquement par l'auteur en de nombreux sous-titres qui facilitent la lecture et les recherches. Les travaux de Moissan en forment les éléments primordiaux; mais. dans l'industrie qui en est résultée. les progrès sont tels qu'une nouvelle édition pourra présenter des compléments heureux en même temps qu'elle permettra, par une revue sévère des épreuves, de corriger quelques fautes d'impression.

Les fours électriques et leurs applications industrielles,
par M. Jean Escard (1).

L'ouvrage, présenté par M. Moissan en une préface élogieuse, est divisé en quatorze chapitres commençant, généralement, par un court historique de leur objet.

L'auteur rappelle sommairement quelques généralités sur la conservation de l'énergie et les définitions des principales unités électriques et mécaniques; il décrit, avec le chauffage électrique par résistance. différents types de fours d'un usage plutôt domestique qu'industriel et consacre un chapitre entier à l'arc voltaïque et ses propriétés. Il aborde ensuite la classification des fours et. après avoir montré par des exemples les caractéristiques de chaque catégorie; décrit dans un ordre à peu près chronologique de nombreux fours industriels. Une description des fours électriques de laboratoire et une digression sur les travaux de M. Moissan et de M. Mourlot terminent le quatrième chapitre.

Le cinquième chapitre est consacré à l'étude du carbone et de ses dé-

(1) In-8°, 255×165 de XIII-535 pages, avec 221 figures et une planche. — Paris, Veuve Ch. Dunod, 1905. Prix : broché, 18 fr.

rivés. Les résultats des travaux de Moissan y sont décrits d'une manière intéressante et complétés par les procédés industriels de fabrication des charbons et des électrodes électro-graphitiques.

Le chapitre suivant a pour titre : les carbures métalliques et leur préparation au four électrique. Divisés en deux classes, selon qu'ils sont décomposables ou non par l'eau, ils sont décrits dans leurs préparations et propriétés principales, à l'exception du carbure de calcium auquel son importance industrielle conduit à consacrer les septième et huitième chapitres.

Après quelques mots d'historique conduisant à la découverte du carbure défini $Ca\,C^2$, les propriétés de ce dernier sont étudiées ainsi que ses applications principales actuelles. L'acétylène est présenté de même : après l'historique, sa préparation et ses propriétés. La fabrication du noir d'acétylène et l'acétylenomètre terminent le chapitre.

La fabrication du carbure de calcium est décrite avec les développements qu'elle mérite. Un grand nombre de fours sont passés en revue, les uns d'un usage presque général, d'autres non utilisés industriellement. Enfin, un coup d'œil sommaire sur l'industrie du carbure à l'étranger et les principaux centres de production complète ce qui concerne ce produit.

La fabrication des métaux au four électrique, qui vient ensuite, est une description des travaux de Moissan complétée par les industries nouvelles, mais déjà importantes de la production des métaux rares et des ferro-alliages.

L'électrométallurgie de l'aluminium est étudiée en un chapitre spécial. Après l'historique habituel, les procédés classiques de M. Héroult et de M. Minet sont décrits et complétés par un aperçu de la préparation de l'alumine. D'autres procédés de fabrication, moins employés, sont également présentés, ainsi que les propriétés du métal.

De New-York à New-York, par l'Exposition de Saint-Louis (1). *Rapport du département de l'Électricité*, par MM. J. Holzschuch, G. Roux, A. Silva.

Les auteurs, membres du jury et rapporteurs des groupes 67, 68, 69, 70, 71 de l'Exposition de Saint-Louis, ont écrit ensemble ce rapport, très documenté, très étudié, embelli de nombreuses illustrations et présenté typographiquement sous une forme luxueuse.

MM. Holzschuch, Roux et Silva ont rompu avec les procédés habituels des rapports officiels; et avant d'entreprendre le récit de leurs visites aux nombreux stands de l'Exposition, ils nous mènent à leur suite à travers l'Amérique Nous visitons, avec eux, Baltimore et son chemin de fer électrique; Chicago et ses stations centrales; les chutes du Niagara et leurs usines hydro-électriques; Philadelphie, son Hôtel des Monnaies et son Imprimerie Nationale; Pittsburg et les usines Westinghouse;

(1) In-4°, 275 × 225, de 712 pages avec illustrations. Paris, Louis Théveny, 1904. Prix : broché, 30 f.

Schenectady et les ateliers de la General Electric C°; enfin New-York avec ses Buildings, la Centrale de la Compagnie Edison, ses moyens de transport.

Quant au rapport technique qui vient ensuite, il est abondamment fourni de documents; il contient, consciencieusement étudié et exposé, tout ce qui concerne la classification officielle du département de l'Électricité, c'est-à-dire les machines génératrices, le groupe de l'électrochimie, celui de la lumière électrique proprement dite, le groupe de la télégraphie et de la téléphonie, et enfin le groupe des applications variées de l'électricité.

En résumé, MM. Holzschuch, Roux, Silva, tout en présentant leur rapport purement technique, ont voulu intéresser et renseigner sur l'industrie électrique en Amérique. Ils ont pleinement réussi et ont droit à toutes les félicitations.

P. S.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1905

(Bulletins de juillet à décembre.)

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE, ANNÉE 1905

(Bulletins de juillet à décembre.)

ADMISSIONS DE NOUVEAUX MEMBRES

AUTOMOBILES

BIBLIOGRAPHIE

CHEMINS DE FER

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

Voir : *Table spéciale des matières.*

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

CONSTRUCTIONS CIVILES

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉLECTRICITÉ

EXPOSITIONS

GÉNÉRATEURS — MACHINES A VAPEUR

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MOTEURS

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PHYSIQUE

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TRANSPORTS

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1905.

(Bulletins de juillet à décembre.)

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 21014-11-05. — (Encre Lorilleux).

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

DEUXIÈME TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

De 1885 à 1904

Bulletin de Décembre 1905.

Ce douzième numéro de 1905 contient la Table des matières des Bulletins de 1885 à 1904 et peut être relié à part.

Les onze premiers Bulletins, de Janvier à Novembre 1905, forment la série complète annuelle des Procès-Verbaux et Mémoires.

On peut se procurer la première Table des matières, de 1848 à 1884, au siège social, 19, rue Blanche, au prix de 2 fr., ou 2 fr. 25 franco poste.

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

DEUXIÈME

TABLE GÉNÉRALE

DES MATIÈRES CONTENUES

Dans les Bulletins de la Société

De 1885 à 1904

Bulletin de Décembre 1905.

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

1905

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

DEUXIÈME
TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES [1]
CONTENUES DANS LES BULLETINS DE LA SOCIÉTÉ
De 1885 à 1904

N.-B. — Les chiffres inscrits après l'année désignent : les chiffres arabes la page, les chiffres romains le semestre ; la lettre M désigne les mémoires ou notes et la lettre C les articles contenus dans la chronique.

A

(1) Voir première table de 1848 à 1884 (prix : 2 francs).

B

C

CHAUDIÈRES (*suite*).

reils à vapeur; bibliog., par M. Ch. Compère, 1901, II, M. 700 ; — à vapeur (Note sur l'emploi dans les) des tôles en métal fondu, par M. Remaury, 1888, I, M. 768 ; — à vapeur (Nouveau foyer fumivore appliqué aux fours industriels aux et au chauffage domestique, par M. Hinstin, 1894, I, 536, II, M. 23 ; observat. de MM. Lavezzari et Lencauchez, I, 539 ; — à vapeur (Quantité de chaleur qui traverse toute) et qui n'a jamais été comptée, par M. D.-A. Casalonga, 1892, II, 9 ; observat. de MM. G. Richard, 10 ; Badois, 10 ; lettre de M. Casalonga, 12 ; — à vapeur (Recuit des foyers en acier des), 1888, I, C. 682 ; — à vapeur Solignac-Grille ; nettoyage instantané et sans arrêt, mémoire de MM. L. Solignac et A. Grille, 1901, I, M. 471, 549 ; — à vapeur (Tirage forcé pour), 1886, I, C. 300 ; — à vapeur (Transmission de la chaleur des gaz aux parois métalliques ; application aux), par M. Marcel Deprez, 1903, II, 610 ; — (Corrosion des) par les eaux contenant du sucre, 1887, I, C. 303 ; — de locomotives (Accroissement de la pression ou accroissement de la capacité dans les), 1898, III (2e partie), C. 444 ; — de locomotives (Accumulateurs de chaleur appliqués aux), note de M. Wigoura, analysée par M. A. Mallet, 1898, I, M. 724 ; — de locomotives (Conductibilité des tubes à fumée des), par M. le général N. de Petroff, analyse par M. Mallet, 1898, I, M. 712 ; — de locomotives (Pertes par refroidissement extérieur dans les), 1899, I, C. 623 et 866 ; — de locomotives, type Belpaire (Note sur la production de vapeur des), par M. A. Lencauchez, 1892, I, 830 ; II, 14 ; — (Dépôts graisseux dans les), 1891, I, C. 169 ; — (Eaux d'alimentation pour), 1890, I, C. 658 et 826 ; — (Effet des incrustations sur le rendement des), 1901, II, C. 519 ; — (Effet des retarders dans les tubes de), 1897, I, C. 209, 343 ; — (Emploi du pétrole contre les incrustations des), 1893, II, C. 384 ; — en acier, 1885, II, C. 154 ; — (Essais calorimétriques sur des), 1886, II, C. 108 ; — et machines à l'Exposition de 1900, par M. Ch. Compère, 1901, I, 79, M. 130 ; — et machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf, par M. Ch. Compère, 1902, II, 636, M. 639 ; lettre de M. Desrumeaux, 1903, I, 269 ; — (Étude de la locomotive ; la), par MM. Deharme et Pulin ; bibliog., par M. A. Mallet, 1900, I, M. 331 A ; — (Expériences relatives à l'épaisseur des plaques tubulaires de), 1892, II, C. 330 ; — (Explosion d'une) de locomotive, 1886, II, C. 672 ; — (Explosion de), à la Friedenshütte, 1888, I, C. 791 ; — (Explosion de), cas singulier, 1888, II, C. 655 ; — (Explosion de) en Allemagne, 1892, I, C. 685 ; — (Explosion de), par M. Lotz-Brissonneau, 1892, II, M. 158 ; — (Explosion de 27), 1894, II, C. 727 — (Explosion de), 1895, II, C. 122 ; 1895, II, C. 534 ; 1896, I, C. 894 ; — (Explosion de), à Joinville-le-Pont, par M. Ch. Compère, 1896, I, 686, M. 691 ; en Angleterre : 1896, II, C. 723 ; aux États-Unis : 1901, II, C. 520 ; — (Explosion de la), du vapeur *City of Trenton*, 1902, I, C. 160 ; — fixes et marines (Tirage forcé dans les), et son application spéciale à la combustion des charbons menus, par M. C. Jouffroy, 1890, I, 268 ; observat. de MM. Lencauchez, 270, 273, 284 ; Michel Perret, 282 ; lettre de MM. Goguel, Diehl et Cie, 290 ; — fonctionnant à bord des bateaux, par M. E. Duchesne, 1898, II, M. 295 ; — fonctionnant à terre, par M. Compère, 1898, II, M. 283 ; — (Fuites aux tubes de), 1893, I, C. 656 et 751 ; — marines, par M. L. de Chasseloup-Laubat, 1897, I, 380 ; M. 437 ; *errata*, 666 ; rectification, II, 420 ; *errata*, 829 ; — marines (Foyers des), mémoire de M. Daymard, analysé par M. G.-J. Hart, 1895, I, M. 276, 336 ; — marines (Tirage forcé et son application aux), par M. Demoulin, 1890, I, 263, M. 291 ; discussion, 270, 273, 284, 290 ; lettre de M. Pillet, 355 ; — marines (Tirage naturel dans les), 1891, I, C. 851 ; — militaire marine, par M. E. Duchesne, 1897, I, 33, M. 47 ; — multitubulaires (Causes des accidents aux), par M. Compère, 1893, II, 130, M. 143 ; observat. de MM. Brüll, Périssé, Euverte, Lencauchez, Anthoni, 134,

CHEMINS DE FER à crémaillère, 1885, I, C. 467 ; — à crémaillère du Pilate, 1889, I, C. 715 ; — à crémaillère, par M. A. Lévy-Lambert, analyse, par M. A. Mallet, 1892, I 695.

CHEMINS DE FER à l'Exposition de Chicago, ouvrage de M. Grille, bibliog. de M. A. Mallet, 1895, I, M. 492 ; — à Sumatra, 1888, I, C. 558 ; — à voie étroite dans le Nord de l'Italie, 1886, II, C. 111 ; — à voie étroite de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure par Edmond Roy, 1888, II, 701, M. 843 ; — à voie étroite de l'Exposition, par M. Grille. 1889, II, 579 ; — à voie étroite, par M. H. Coste, 1891, II, 124 ; observat. de MM. Grille, 128 ; Regnard, 130 ; Jousselin, 130 ; Ed. Roy, 131 ; réplique de M. Coste, 1892. I, 263 ; lettre de M. Ed. Roy, 265 ; observat. de MM. Aug. Moreau, 257 ; Grille, 415. Level, 416, 421 ; Vauthier, 417 ; Drouin, 419 ; — à voie étroite du canton de Genève par M. A. Mallet, 1894, II, M. 615 ; — à voie normale (Application des ponts démontables, syst. Eiffel, aux), lettre de M. Eiffel, 1886, I, 161 ; — à voyageurs (Les débuts des), 1895, I, C. 157 ; — (Accidents de) en Angleterre, 1888, II, C. 222 ; — aériens. 1887, II, C. 450 ; — allemands, en 1888, 1889, II, C. 221 ; — allemands (Accidents sur les), 1890, I, C. 463 ; — allemands (L'Union des), 1903, I, C. 218 ; — (Altitudes atteintes par les), 1889, II, C. 766 ; 1899, II, C. 112 ; — amphibie (Ligne de Temp Rown à Rottingdean Angleterre), 1897, I, C. 119 ; — anglais (Accidents sur les), 1896. I, C. 659 et 884 ; — anglais (Les voyageurs sur les), 1886, II, C. 380 ; — (Appareil concernant la sécurité des), par M. Regnard, 1893, I, 350 ; — (Appareils électriques d'annonces pour l'exploitation des), par M. L. Delphieu, 1899, I, 539 ; — (Appareils pour enregistrer la vitesse des trains de), 1890, II, C. 765 ; — (Application de l'électricité à l'exploitation des), par MM. G. Dumont et G. Baignères, 1895, II, 430, M. 444 ; — (Application de l'électricité aux), par M. E. Hubou, 1898, II, 112, 871 ; — au Brésil, 1902, I, C. 159 ; — au Brésil (Les écartements de la voie des) 1895, I, C. 482 ; — aux Indes néerlandaises, par M. Auguste Moreau, 1901, II, 874, M. 924 ; — au Japon. 1885, II, C. 360 ; — autour du lac Baïkal, 1904, I, C. 252 ; — (Bas tarifs de), 1898, I. C. 1150 ; — belges (Note sur les), par M. Belpaire, 1885, I, 553 ; — « Canadian Pacific Railway », par MM. Lucien Périssé et A. V. Roy, 1894, I, 397, M. 410 ; — (Chauffage des trains de), 1889, I, C. 140 ; — (Compte rendu, par M. Polonceau, de l'ouvrage de M. Lefèvre et Cerbelaud sur les), 1889, I, 348 ; — (Concours pour un projet de matériel roulant de) à grande vitesse, 1902, I, C. 481 ; — (Congrès international des) de Milan, compte rendu, par M. Cerbelaud, 1887, II, 365, M. 379 ; renseignements de M. Polonceau, 366 ; — (Considérations sur le matériel et la traction des), discours de M. Ch. Baudry, nouveau président, 1901, I, 21 ; — (Considérations sur les progrès réalisés dans la construction du matériel roulant des), discours de M. L. Salomon, nouveau président, 1902, I, 523 ; — (Coût, longueur et recettes de quelques), 1902, I, C. 789 ; — d'Alsace (Locomotives des premiers), 1890, I, C. 241 et 331 ; — dans l'Inde, 1892. II, C. 175 ; — de Barsi, 1898, III (2ᵉ partie), C. 113 ; — de Bayonne à Biarritz (Lettre de M. Mallet sur la locomotive compound du), 1885, I, 723 ; — de Bayonne-Anglet-Biarritz, par MM. Carimantrand et A. Mallet, 1887, I, 851, M. 876 ; discussion, II, 9 ; — de Costa-Rica, 1896, II, C. 722 ; — des États-Unis (Courbes sur les), 1894. I, C. 200 ; — de Gozzano à Domodossola, lettre de M. Canovetti, 1888, II, 808 ; — des Grisons, 1902, I, C. 158 ; — de la Guaira à Caracas, 1893, I, C. 126 ; — de la Jungfrau, 1904, II, C. 522 ; — de la Méditerranée (Travaux exécutés de 1855 à 1897 par le service des constructions de la Société italienne des), ouvrage analysé par M. de Longraire, 1898, III (2ᵉ partie), 45, M. 358 ; — de la Péninsule ibérique (Lettre de M. Rey accompagnant l'envoi de l'ouvrage de M. Don Pedro Ribera, intitulé : *Projet d'unification du matériel roulant des)*, 1886, I, 114 ; — de l'Égypte, 1893, II, C. 100 ; — de l'État belge, 1888, I, C. 394 ; — de l'État belge à l'Exposition

D

E

EAU *(suite).*

EXPOSITION *(suite)*.

F

G

GAZ *(suite).*

fage (Usine à), 1897, I, C. 180 ; — d'éclairage (Emploi du) comme force motrice (annexe au mémoire de M. Lencauchez sur les moteurs à gaz), 1891, II, 434 ; — des gazogènes et des hauts fourneaux, sur leur épuration et leur emploi par les moteurs à gaz (Recherches, études, observat. et essais sur la production des), par M. A. Lencauchez, 1902, I, 830, M. 835, 837 ; observat. de M. Chavanon, 832 ; notes de MM. H. Le Chatelier et Lodin, 833 ; — de hauts fourneaux (Moteurs à), 1900, I, C. 1 A ; — en Autriche, 1901, II, C. 901 ; — des hauts fourneaux (Emploi comme combustible des) 1889, I, C. 306 ; — des hauts fourneaux (Extraction du goudron et de l'ammoniaque des), 1893, I, C. 664 ; — des hauts fourneaux (Utilisation des), par M. J. Deschamps, 1901, I, 663, II, M. 96 (observat. détaillées, voir *Hauts Fourneaux*) ; — (Différences fondamentales entre la construction des moteurs à) et les moteurs à vapeur, 1903, II, C. 281 ; — (Distribution de) sous des pressions élevées, 1902, I, C. 790 ; — dynamogène et ses applications, par M. H. Guyon, 1891, I, 581 ; observat. de M. Lencauchez, 582, 585 ; — éclair (Fabrication du) au moyen de l'air et des huiles légères de pétrole avec suppression de toute disposition mécanique, par M. F. Gautier, 1888, II, 19 ; observat. de MM. Brüll, 24 ; Regnard, 25 ; — (Éclairage électrique actuel dans différents pays, comparaison de son prix de revient avec celui du) ; analyse, par M. G. Cerbelaud, de la note de M. Couture sur ce sujet, 1890, I, 373 ; — (Emploi des moteurs à) et à pétrole pour les élévations d'eau, 1895, II, C. 112 ; — et d'électricité (Concessions de) devant la juridiction administrative ; ouvrage de MM. Garnier et Dauvert, analysé par M. Auguste Moreau, 1895, II, 339 ; — (Étude sur le travail des) et son application aux machines, par M. E. Lefer, 1888, I, M. 76 ; rectification, 264 ; — (Évaluation de la consommation dans les moteurs à), par M. J. Deschamps, 1902, II, 6, M. 205 ; observat. de MM. Aimé Witz, 17 ; R. Soreau, 19 ; D.-A. Casalonga 20 ; — (Les grands moteurs à), 1902, II, C. 742 ; — (Les nouveaux) des gazogènes, le gaz à l'eau et la régénération du carbone, par M. A. Lencauchez, 1892, II, 643, M. 698 ; — (Liquéfaction des) et ses applications, par M. Julien Lefèvre, bibliog. par M. R. Soreau, 1899, II, M. 742 ; — (Moteurs à), 1885, II, C. 674 ; — (Moteurs à), par M. Lencauchez, 1891, II, M. 422 ; — (Moteurs à), par M. Auguste Moreau, 1898, II, M. 366 ; — (Moteurs à) de grande puissance, 1889, I, C. 304 ; — (Moteurs à) en Allemagne, 1894, I, C. 374 ; — (Moteurs à) et leurs applications industrielles, principalement à l'éclairage électrique, par M. V. Langlois, 1895, I, 206 ; observat. de MM. Cornuault, E. de Marchena, G. Thareau, 208 ; Collin, 210 ; Langlois, 348 ; Cornuault, 349 ; Yvon, 350 ; P.-A. Mallet, 353 ; Pagniez, Haubtmann, 354 ; — (Moteurs à) modernes et leurs moyens d'alimentation, par M. R. Mathot, bibliog., 1904, II, 133 ; — (Moteur à) pour tramways, 1890, II, C. 323 ; 1893, I, C. 129 ; 1895, II, C. 304, 397 ; — naturel aux États-Unis, 1885, II, C. 349 ; 1887, I, C. 159, 465 ; 1891, I, C. 56 ; 1897, I, C. 795 ; — naturel (Conduites de), 1903, II, C. 584 ; — naturel (Découverte du) aux États-Unis, 1889, II, C. 100 ; — (Nouveau moteur à), 1892, II, C. 618 ; — (Nouveau moteur à) de la Compagnie Niel, par M. A. Moreau, 1902, II, 13, M. 250 ; — (Nouveau procédé de fabrication du), 1896, I, C. 269 ; — (Prix du) en Angleterre, 1891, I, C. 853 ; — (Recherches des fuites de), 1890, II, C. 324 ; — (Sur la partie mécanique des moteurs à) et à pétrole et l'extension récente de leurs applications, par M. Gustave Richard, 1891, II, 487 ; — (Sur les moteurs à) et en particulier sur le nouveau moteur système Niel, par M. Auguste Moreau, 1891, II, 343, M. 380 ; observat. de MM. Lencauchez 363 ; Gustave Richard, 366 ; Casalonga, 376 ; Thareau, 487 ; réplique de M. A. Moreau, 378 ; — (Traité théorique et pratique des moteurs à), par M. Aimé Witz, bibliog. par M. G. Baignères, 1899, I, M. 515, 669 ; par M. R. Soreau, 912 ; par M. A. Moreau, 1903, II, M. 108 ; — Transmission de la chaleur des) aux parois métalliques ;

H

I

L

M

N

NOTICE NÉCROLOGIQUE (*suite*).

NOTICE NÉCROLOGIQUE *(suite)*.

Mallet, 1894, I, 762; — sur M. Ernest Mayer, par M. G. d'Ervau, 1901, I. M. 906; — sur M. Jules Mesureur, Président de la Société, 1902, I, 508; — sur M. J.-P. Meyer, par M. Polonceau, 1891, II, 21; — sur M. André Mialane, par M. A. Brüll, 1890. II, 554; — sur M. Michau, 1892, I, 260; — sur M. E.-A. Morandière, par M. E. Polonceau, 1896, I, M. 119; — sur M. Jules de la Morandière, par M. Deghilage, 1900, II, M. 342; — sur M. Félix Moreaux, par M. E. Lantrac, 1890, II, M. 160; sur M. Morel (Louis-Ange-Jean), par M. Casalonga, 1892, II, 12; — sur M. Alfred Nancy, 1890. II, 553; — sur M. Netter, par M. Polonceau, 1889, I, 340; — sur M. J.-L.-A. Noblot. 1895, II, 20, M. 110; — sur M. Pascal, 1887, II, 318; — sur M. Pascal Garnier, 1898, III (2ᵉ partie), M. 112; — sur M. L. Pasteur, par M. Charton, 1895, II, 328; — sur M. Henri Paur, par M. A. Mallet, 1903, I, M. 893; — sur M. Ignacio Pedralbès, par M. Contamin, Président, 1890, II, 785; — sur M. E.-A. Pérignon, par M. Canet, 1900. I, 425 B; — sur M. Hippolyte Pétin, par M. Buquet, 1892, I. 251; — sur M. Gustave Petitjean, par M. Gaston Le Bel, 1904, II, M. 259; — sur M. Charles Pinel, par M. H. Vaslin, 1895, II, M. 621; — sur M. J. Poklewski-Koziell, par M. Zbyszewski, 1896, II, M. 147; — sur M. Ernest Polonceau, 1900, I, M. 308 A; par M. G. Canet, Président, 1900, I, 536 B; — sur M. Potelet, par M. Polonceau, 1890, I, 691; — sur Joan Willem Post, par M. Auguste Moreau, 1904, II, M. 515; — sur M. Nicolas-Jules Raffard, par M. Edouard Simon, 1898, III (2ᵉ partie), M. 421; — sur M. Louis-Paul de Reinhardt, par M. Polonceau, 1889, I, 897; — sur M. H. Remaury, par M. Ed. Lippmann, 1897, I, 725; — sur M. Émile Reynier, par M. Auguste Moreau, 1891, I, M. 305; — sur sir Roberts-Austen, par M. L. Salomon, 1902, II, 763; — sur M. Rose (Victor), 1892, I, 705; — sur M. Thomas Russel Crampton, par R. Bonnin, 1888, I, M. 668; — sur M. J. de Sa É. Silva, par M. A. Thiré, 1896, I, M. 882; — sur M. Saillard (A.-J.-M.), 1891, I, 6; — sur M. de Salis, 1893, I, 599; — sur M. L.-H. Sauvan-Deleuze, 1894, II, M. 888; — sur le baron Frederick von Schmidt, par M. Polonceau, 1891, I, 91; — sur M. L. Ser, par M. Polonceau, 1888, I, 152; — sur M. P. Simons, 1892, I, 577; — sur M. Henry Simon, par M. G. Courtois, 1899, II, M. 267; — sur M. Sydney Dunnett, 1895, I, M. 301; — sur M. Ch.-V. Taconnet, par M. H. Bobin, 1894, I, M. 718; — sur M. Taillard, 1889, I, 636; — sur M. Émile Vautier, par M. Cornuault, 1889, I, 48; — sur M. Léonce Vée, par M. Marin, 1888, I, M. 222; — sur M. P.-J.-C. Vergnol, 1896, II, M. 573; — sur M. Justin Verrine. 1893, I, 683; — sur M. Ernest Vlasto, 1900, I, M. 305 A; — sur M. Alfred d'Yochet, par M. A. Mallet, 1900, II, M. 608. (Voir aussi *Discours*.)

NOUVELLE-CALÉDONIE (Gisements de cobalt, de chrome et de fer de la) et leur emploi industriel, par M. Jules Garnier, 1887, I, 31, M. 244; observat. de MM. Jordan, 33; Remaury, 185; Garnier, 199; — Notice historique sur la découverte des minerais de nickel de la), par M. Jules Garnier, 1885, I, M. 89; — (Mission minérale en), par M. E. Glasser, 1904, II, 564; observat. de MM. Colomer, 567; J.-M. Bel, 569.

NOUVELLE-ZÉLANDE (Chemin de fer Fell en) 1889, I, C. 712; — (Mines et ressources industrielles de la), par M. Pascal Garnier, 1898, I, 171, M. 192.

NUREMBERG (Matériel de chemins de fer à l'Exposition de), en 1896, 1897, I, C. 113, 203, 348.

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

